

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500347083/23

Sensitivitätsbereiche von branchenspezifischen Klimakenngrößen in Baden-Württemberg – die „Sensitivitätsampel“

von

H. Schipper, J. Hackenbruch, H. Lentink, K.-U. Nerding, S. Müller

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

März 2016

KLIMOPASS

– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT KLIMOPASS	Dr. Kai Höpker, Daniel Schulz-Engler Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, klimopass@lubw.bwl.de
FINANZIERUNG	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)
BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT	Dr. Hans Schipper, Julia Hackenbruch, Hilke Lentink, Kai-Uwe Nerding, Sebastian Müller Süddeutsches Klimabüro Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U83-W03-N22
STAND	März 2016, Internetausgabe Dezember 2016

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	6	
1	EINLEITUNG	7
2	DATENGRUNDLAGE	9
2.1	Zwei Ensembles	9
2.2	Beobachtungsdatensatz	10
3	METHODE	11
3.1	Ermittlung von Klimakenngrößen	11
3.2	Darstellung der Ergebnisse	12
3.3	Sensitivitätsampel	15
4	ERGEBNISSE	16
4.1	Standardisierte Befragung	16
4.2	Vergleich zwischen den Ensembles	24
4.3	Klimakenngrößen	43
4.3.1	Anzahl und Dauer von Frostperioden	47
4.3.2	Anzahl und Dauer von Hitzeperioden	53
4.3.3	Anzahl und Dauer von Trockenperioden zwischen Mai und September	66
4.3.4	Durchschnittstemperatur März – Juli	79
4.3.5	Erster Frosttag des Jahres	83
4.3.6	Frostangriff	87
4.3.7	Frosttage	92
4.3.8	Gradtagzahl	98
4.3.9	Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen	101
4.3.10	Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau	104
4.3.11	Günstige Wetterbedingungen für Eiswein	108
4.3.12	Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau	113
4.3.13	Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege	116
4.3.14	Günstige Wetterbedingungen für Verbreitung und Auswaschung von Birkenpollen	120
4.3.15	Günstige Wetterbedingungen für Zecken	126
4.3.16	Heiße oder sehr kalte Tage	129
4.3.17	Heiße Tage	132
4.3.18	Heizgradtage	138

4.3.19	Hitze und Sonneneinstrahlung	141
4.3.20	Klimatische Wasserbilanz	143
4.3.21	Mittlerer Niederschlag in den Jahreszeiten	148
4.3.22	Nasse Tage in Folge	162
4.3.23	Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August	165
4.3.24	Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November	168
4.3.25	Niederschlagssumme in den Jahreszeiten (90. Perzentil)	171
4.3.26	Niederschlagssumme zwischen März und Mai	181
4.3.27	Niederschlagstage in März und April	185
4.3.28	Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C	188
4.3.29	Relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 %	192
4.3.30	Schneeereignisse	195
4.3.31	Sehr heiße Tage	198
4.3.32	Sehr heiße Tage oder Frosttage	204
4.3.33	Sommer 2003	208
4.3.34	Spätfröste	211
4.3.35	Spazierwetter	217
4.3.36	Stündlicher Niederschlag (Extreme)	220
4.3.37	Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm bzw. > 40 mm	224
4.3.38	Tage mit Schneebedeckung und regnerische Wintertage	231
4.3.39	Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C	237
4.3.40	Tage mit Wetterwechseln	243
4.3.41	Tiefste Temperatur in 30 Jahren	246
4.3.42	Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen	249
4.3.43	Trockenjahre	259
4.3.44	Tropennächte	263
4.3.45	Wetterbedingungen für „mittleren Winterdienst“	268
4.3.46	Wetterbedingungen für „vollen Winterdienst“	277
4.3.47	Windböen	281
5	DISKUSSION	285
6	SCHLUSSBETRACHTUNG	288

7	LITERATURVERZEICHNIS	289
8	ANHANG	292
8.1	Liste der Experten	292
8.2	Interview-Leitfaden	293
8.3	Standardisierte Befragung unter Kommunen Baden-Württembergs	294
8.4	Flyer zu Erläuterung der Befragung unter Kommunen Baden-Württembergs	296
8.5	Erklärung zu den Abbildungen	297
9	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	299
10	TABELLENVERZEICHNIS	310

Zusammenfassung

Der globale Klimawandel hat Auswirkungen auf das regionale Klima und die Folgen dieser Klimaänderungen haben Einfluss auf baden-württembergische Kommunen und Unternehmen. Im vorliegenden Projekt wurden branchenspezifische Klimakenngrößen ermittelt, deren projizierte Entwicklung in der nahen und fernen Zukunft analysiert und die Sensitivität der Branchen gegenüber Klimaänderungen abgeschätzt.

Aus einer schriftlichen Befragung von Kommunen 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 in der jeweiligen Branche spielen und welche Größen dafür wichtig sind. Diese Größen, im vorliegenden Projekt Klimakenngrößen genannt, wurden dann mithilfe von zwei regionalen Klimamodellensembles auf ihre zukünftige Entwicklung hin ausgewertet. Durch die hohe räumliche Auflösung der regionalen Klimamodelle war eine räumlich differenzierte Betrachtung der Klimakenngrößen möglich. Die unterschiedlichen Handlungsanforderungen als Folge von Änderungen dieser Klimakenngrößen wurden zuletzt von den Experten in die Sensitivitätsbereiche mit den Farben rot, gelb und grün einer Verkehrsampel klassifiziert.

Das zentrale Anliegen des Projektes war die Rückkopplung zwischen Anwendung und Klimawissenschaft. Diese konnte durch kontinuierlichen Austausch während des Projektes geschehen. Dies erfolgte nicht nur in Form der Befragung, sondern auch in Form der gemeinsamen „Übersetzung“ der Erfahrungen in den Branchen mit Wetter und Klima in konkrete Zahlenwerte, um eine Klimakenngröße mit den regionalen Klimamodellsimulationen auswerten zu können. Außerdem wurden die berechneten Ergebnisse an die Experten zurückgemeldet und der Handlungsbedarf als Folge der projizierten zukünftigen Änderungen von diesen quantifiziert. Insgesamt konnte eine verstärkte Bewusstseinsbildung in den Branchen sowie eine direkte und praktische Überführung von Klimaforschungsergebnissen für Anpassungsmaßnahmen in Baden-Württemberg erreicht werden.

1 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 viele unterschiedliche Folgen. Erstens hat der globale Klimawandel unterschiedliche Auswirkungen auf das regionale Klima, auch in Baden-Württemberg. Vor allem durch die abwechslungsreiche Topografie und Landnutzung finden sich hier verschiedene Klimate. Ein geändertes Klima wird auch die Regionen in Baden-Württemberg in Zukunft prägen. Zweitens gilt diese räumliche Ungleichverteilung ebenso für die Anpassungsfähigkeit der einzelnen Regionen. Im vorliegenden Projekt werden deswegen einzelne Regionen betrachtet, damit ein differenziertes Bild der Folgen und der daraus hervorgehenden Anpassungsmöglichkeiten entsteht. Drittens ist nicht jedes Handlungsfeld von den Klimaänderungen gleich betroffen und kann sich auf gleiche Weise und in gleichem Maße an den Folgen des Klimawandels anpassen. Aus diesem Grund wurden im vorliegenden Projekt Simulationen regionaler Klimamodelle mit dem Fokus auf Baden-Württemberg verwendet. Für eine detaillierte Betrachtung wurden im vorliegenden Projekt die aus der Anpassungsstrategie des Landes Baden-Württemberg festgelegten Handlungsfelder herangezogen.

Aus Langzeitbeobachtungen lassen sich die Änderungen von Temperatur, Niederschlag, Feuchte usw. der letzten über 120 Jahre ablesen. Außer beispielsweise der Temperatur 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 einzelnen Größen im Klimawandel entwickeln könnten.

Für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen sind solche abgeleitete Größen allerdings nur bedingt nutzbar. Anwendungsbezogene Informationen, zugeschnitten auf die einzelnen Handlungsfelder, haben hier einen deutlich praktischeren Wert. Aus diesem Grund versuchte das vorliegende Projekt in einem ersten Schritt herauszufinden, inwiefern die Akteure in den Handlungsfeldern in der Praxis von Klimaänderungen betroffen sind, beispielsweise, ab welcher Temperatur landwirtschaftliche Einbußen auftreten, oder wann der Winterdienst aktiv werden muss. Diese Informationen hängen zum Teil nicht nur von der Anzahl der Sommertage oder Eistage ab, sondern vielmehr von einer Kombination mehrerer meteorologischer Größen und spezifischer Grenzen. Solche abgeleiteten klimatischen Größen werden im vorliegenden Projekt Klimakenngrößen genannt.

Im zweiten Schritt wurden die ermittelten Klimakenngrößen mit Hilfe von zwei verschiedenen Gruppen an Klimasimulationen (Ensembles) berechnet und dargestellt. Da die Klimasimulationen sowohl den Kontrollzeitraum (1971-2000), die nahe Zukunft (2021-2050) als auch bei einem der verwendeten Ensembles die ferne Zukunft (2071-2100) umfasste, lassen sich mögliche, zukünftig erwartete Änderungen der Klimakenngrößen feststellen.

Im dritten Schritt sollte dann ermittelt werden, wie stark sich diese Klimakenngrößen in Zukunft ändern dürfen, bevor Anpassungsmaßnahmen umgesetzt werden müssen. Ob bereits ein Anpassungsbedarf vorhanden ist oder zukünftig entstehen könnte, wird wie folgt als „Sensitivitätsampel“ in den Farben grün, gelb und rot eingeteilt:

grün	kein / kaum Anpassungsbedarf	keine / kaum Maßnahmen nötig	geringe Kosten
gelb	mittlerer Anpassungsbedarf	unkomplizierte Maßnahmen nötig	mittlere Kosten
rot	starker Anpassungsbedarf	aufwendige Maßnahmen nötig	hohe Kosten

In den durchgeführten Expertengesprächen und in den Antworten der Befragungen stellte sich deutlich heraus, dass ein Vorhaben, welches die Anwender von Klimasimulationsdaten in den Mittelpunkt der Auswertungen solcher Klimasimulationen stellt, sehr positiv aufgenommen wurde. Nichtsdestotrotz waren Aussagen wie „Über individuelle Klimakenngrößen haben wir uns bisher noch nie Gedanken gemacht.“ oder „Wir benutzen die Größen, die die Wissenschaft uns vorgibt.“ mehrfach zu hören. Im vorliegenden Projekt konnten wir aber die Anwendungsmöglichkeiten der regionalen Klimasimulationen verdeutlichen und das generelle Verständnis für solche Langzeitsimulationen in den verschiedenen Handlungsfeldern erhöhen. Da viele Klimakenngrößen im Projekt erstmals benannt und definiert wurden, war eine genaue Festlegung von Grenzen bezüglich des Anpassungsbedarfs in einigen Fällen leider nicht möglich. Ein intensiver Austausch mit den jeweiligen Experten führte zudem zu einer Vertrauensbasis sowie zu einem gegenseitigen Verständnis für die Denkweise in den unterschiedlichen Disziplinen, welche als Grundlage für weitere spezifischere Untersuchungen dienen.

Der hier gewählte breite Ansatz kann einen ersten Einblick in das Potential an der Schnittstelle zwischen der regionalen Klimamodellierung und Anpassungsmaßnahmen geben. Die vorliegenden Ergebnisse bieten eine Grundlage für vertiefende Untersuchungen im Themenkomplex der Klimawandelanpassung in den einzelnen Handlungsfeldern.

Anpassungsstrategie des Landes Baden-Württemberg

Die vorliegenden Auswertungen bauen auf zwei Auswertungen von regionalen Klimamodell-Ensembles auf, die zum einen im Bericht „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Perspektiven aus regionalen Klimamodellen“ (LUBW, 2013) und zum anderen in Sedlmeier (2015) beschrieben sind. Die Strategie zur Anpassung an den Klimawandel des Landes Baden-Württemberg (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2015) fasst die Herausforderungen für die einzelnen Handlungsfelder zusammen. Einige konkrete, für einzelne Handlungsfelder relevante Klimakenngrößen finden sich in den entsprechenden Fachdokumenten (Billen und Stahr, 2013; Hemberger und Utz, 2013; Landesgesundheitsamt, 2013; Flaig, 2013; Rainer et al., 2013; Roth et al. 2013; Schlumprecht, 2013; Steinmetz et al., 2013; Unseld, 2013). Einige dieser Klimakenngrößen wurden auch im vorliegenden Projekt berücksichtigt. Darüber hinaus wurden zahlreiche weitere Klimakenngrößen für die einzelnen Handlungsfelder ermittelt und ausgewertet.

Danksagung

Die Autoren möchten der Firma Hydron Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH sowie dem Institut für Meteorologie und Klimaforschung, besonders Katrin Sedlmeier, für die Bereitstellung der Daten der regionalen Klimamodellsimulationen danken, auf denen die vorliegenden Auswertungen beruhen.

Wir danken dem Amt für Umwelt- und Arbeitsschutz der Stadt Karlsruhe, der Gemeinde Malsch, dem Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart sowie Dr. rer. pol. Tina Kunz-Plapp (Geophysikalisches Institut, KIT) für die freundliche Unterstützung bei der inhaltlichen Gestaltung der Befragung.

Besonderer Dank gilt außerdem allen Experten, die sich Zeit genommen haben, Ihre Erfahrungen in das Projekt einzubringen und damit wesentlich zum Gelingen beigetragen haben.

Der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg wird für die Förderung des Projektes gedankt.

2 Datengrundlage

2.1 ZWEI ENSEMBLES

Die Datengrundlage besteht aus zwei Ensembles an regionalen Klimasimulationen, die im Folgenden „Leitplanken-Ensemble“ und „IMK-Ensemble“ genannt werden, sowie einem Beobachtungsdatensatz. Zwischen Klimasimulationsergebnissen und Beobachtungen können systematische Fehler auftreten. Für das vollständige IMK-Ensemble und ein Teil der Modellläufe des Leitplanken-Ensembles wurden diese systematischen Fehler in vorherigen Arbeiten mittels einer sogenannten Bias-Korrektur berücksichtigt. Diese Korrektur anhand von Beobachtungsdaten wurde nicht für alle meteorologischen Parameter durchgeführt, sondern lediglich für die Tagesmittel-, Tagestiefst-, Tageshöchsttemperatur und die Niederschlagssummen. Aus diesem Grund liegen die Bias-korrigierten Ergebnisse für diese Parameter für den Kontrollzeitraum im Bereich der Beobachtungen.

Leitplanken-Ensemble

Für die Auswertung der ermittelten Klimakenngrößen aus regionalen Klimasimulationen stellten die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) und die Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH (HYDRON) Klimamodelldaten aus dem Projektbericht „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg“ (LUBW, 2013) zur Verfügung (im Folgenden: „Leitplanken-Ensemble“). Von diesem Ensemble wurden, wenn nicht anders erwähnt, 16 Mitglieder für die nahe Zukunft (2021-2050) und zwölf Mitglieder für die ferne Zukunft (2071-2100) verwendet. Die einzelnen regionalen Klimamodelle sind in Tabelle 1 aufgelistet. Für einige Klimakenngrößen wurden meteorologische Variablen benötigt, die nicht bei allen Modellsimulationen vorhanden waren, weswegen nur eine Teilmenge der Ensembles benutzt werden konnte. Alle Mitglieder wurden auf ein gleiches Modellgitter mit einer horizontalen Auflösung von 25 km interpoliert. Das verwendete Modellgitter wird in Abbildung 1 gezeigt. Das Zukunftsszenario ist beim Leitplanken-Ensemble stets A1B.

Tabelle 1: Mitglieder des Leitplanken-Ensembles

Regionalmodell	Klimaszenario	Globalmodell	Verfügbare Zeiträume
CCLM 4.8	20C / A1B	CGCM3	1971-2000 / 2021-2050
CCLM 4.8	20C / A1B	ECHAM5-r1	1971-2000 / 2021-2050
CLM 2.4.11	20C / A1B	ECHAM5-r1	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100
CCLM 4.8	20C / A1B	ECHAM5-r2	1971-2000 / 2021-2050
CCLM 2.4.11	20C / A1B	ECHAM5-r2	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100
CCLM 4.8	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971-2000 / 2021-2050
RACMO 2.1	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100
REGCM 3	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100
REMO 5.7	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100
CLM	20C / A1B	HadCM3Q0	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2098
HadRM3Q0	20C / A1B	HadCM3Q0	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2098
HadRM3Q3	20C / A1B	HadCM3Q3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2098
SMHIRCA	20C / A1B	HadCM3Q3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2098
RM 5.1	20C / A1B	ARPEGE	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2098
SMHIRCA	20C / A1B	BCM	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2099
SMHIRCA	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971-2000 / 2021-2050 / 2071-2100

IMK-Ensemble

Zusätzlich zum Leitplanken-Ensemble wurde ein weiteres Ensemble an regionalen Klimasimulationen verwendet. Dieses Ensemble umfasst 12 Mitglieder und wurde komplett am Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Forschungsbereich Troposphäre (IMK-TRO) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) gerechnet (im Folgenden: „IMK-Ensemble“). Alle Mitglieder wurden mit COSMO-CLM 4.8 mit einer horizontalen Auflösung von 7 km gerechnet. Die antreibenden Globalmodelle sowie die Klimaszenarien sind teilweise unterschiedlich. Weitere Unterschiede liegen in der Konfiguration von COSMO-CLM. Die Mit-

glieder dieses Ensembles sind in Tabelle 2 aufgelistet. Das verwendete Modellgitter wird in Abbildung 2 gezeigt.

Die hohe Auflösung des Modellgitters erlaubt eine regionsweise Betrachtung der Ergebnisse. Das IMK-Ensemble ist im KLIMOPASS1-Projekt: „Ensembles hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen zur Analyse regionaler Klimaänderungen in Baden-Württemberg und ihrer Auswirkungen (RegEns BaWü)“ unter Federführung von Dr. Gerd Schädler und Katrin Sedlmeier (KIT). entstanden.

Tabelle 2: Mitglieder des IMK-Ensembles

Regionalmodell	Klimaszenario	Globalmodell	Verfügbare Zeiträume
CCLM-4.8	20C / A1B	CGCM3.1	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	CNRM-CM5	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / A1B	ECHAM5-r1	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / A1B	ECHAM5-r2	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / A1B	ECHAM5-r3	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	ECHAM6-AFS-E2	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	ECHAM6-AFS-N2	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	ECHAM6	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	ECHAM6-AFS-S2	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	ECHAM6-AFS-W2	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	EC-EARTH	1971 – 2000 / 2021 – 2050
CCLM-4.8	20C / RCP8.5	HadGEM2-ES	1971 – 2000 / 2021 – 2050

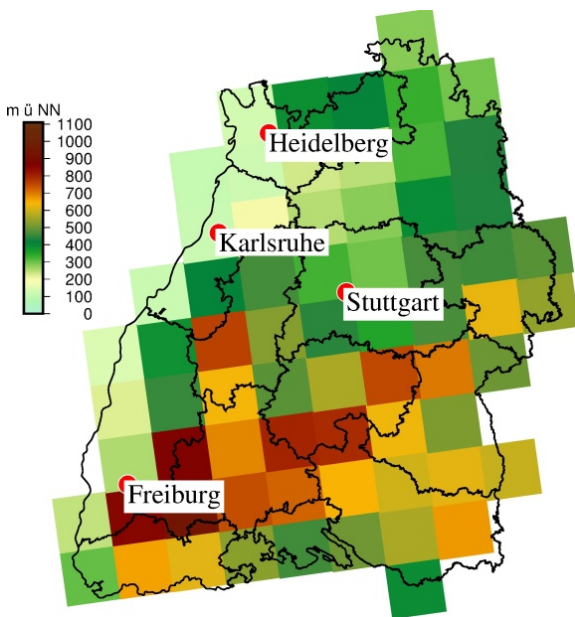


Abbildung 1: Das Gitternetz mit Höhenangaben des Leitplancken-Ensembles für Baden-Württemberg und Regionen

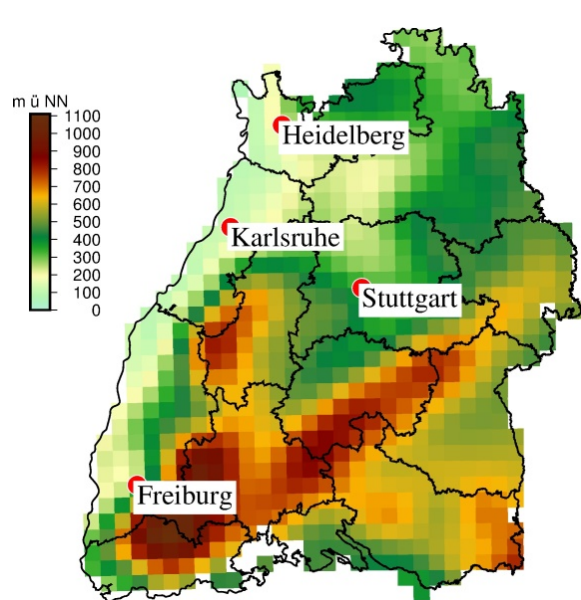


Abbildung 2: Das Gitternetz mit Höhenangaben des IMK-Ensembles für Baden-Württemberg und Regionen

2.2 BEOBACHTUNGSDATENSATZ

Für einen Vergleich der Klimamodellsimulationen im Kontrollzeitraum 1971-2000 wurde der Beobachtungsdatensatz E-OBS für die meteorologischen Parameter Tagesmittel-, Tageshöchst- und Tagestiefsttemperatur sowie die Tagessummen des Niederschlags verwendet (EU-FP6 Projekt ENSEMBLES – <http://ensembles-eu.metoffice.com>, ECA&D Projekt - <http://www.ecad.eu>, Haylock, 2008). Ursprünglich liegt dieser Datensatz mit einer horizontalen Auflösung von 20 km vor. Für den Vergleich mit den beiden Ensembles wurde der Datensatz mit einem linearen Verfahren auf ein dem jeweiligen Ensemble entsprechendes Modellgitter von 25 km und 7 km extra- bzw. interpoliert.

3 Methode

3.1 ERMITTLUNG VON KLIMAKENNGRÖßEN

Die zugrundeliegenden Informationen über die Klimakenngrößen und Bereiche der Sensitivitätsampel stammen aus zwei unterschiedlichen Quellen. Einerseits wurden Expertengespräche durchgeführt, andererseits gab es eine standardisierte Befragung unter Kommunen und Wirtschaftsunternehmen in Baden-Württemberg. Beide Methoden werden in den nächsten Abschnitten kurz erläutert. Die Resonanz war grundsätzlich positiv. Es besteht großes Interesse daran, Auswertungen zu neuen, auf das jeweilige Handlungsfeld angepasste Klimakenngrößen zu bekommen.

Experteninterviews

Mit zahlreichen Vertretern verschiedener Handlungsfelder und Branchen wurden ausführliche Experteninterviews durchgeführt. Erstes Anliegen war es, das vorhandene Bewusstsein für die Klimaproblematik zu erfahren. Wichtig dabei war es, herauszufinden, inwiefern Klimaveränderungen schon heute das Handeln der Vertreter beeinflussen. Hier wurden große Unterschiede festgestellt; während für manche Vertreter das Thema Klima eng mit ihrer täglichen Arbeit verbunden ist, war bei anderen Vertretern eine eher abwartende Haltung zu beobachten. Grund dafür ist, dass manche Handlungsfelder naturgemäß eine enge Kopplung mit dem Klima bzw. Wetter haben (bspw. Landwirtschaft) und andere die Klimaänderung bisher nur in geringem Maße zu spüren bekommen haben oder eher kurzfristiger planen (bspw. Wirtschaft). Als nächster Schritt wurde die direkte Verbindung zwischen den in Klimamodellen vorhandenen klimatischen Größen und genannten Klimakenngrößen ermittelt. Die Informationen zu wichtigen Wetter- und Klimaereignissen aus den Gesprächen wurden in berechenbare Klimakenngrößen mit konkreten Zahlenwerten „übersetzt“. Dies hatte zum Ziel, die Klimakenngrößen später aus den Klimamodell-Ensembles berechnen zu können. Als letzter Schritt wurden die Grenzen und Bereiche der Sensitivitätsampel (grün, gelb, rot) festgelegt, also eingeschätzt, ab wann Anpassungsmaßnahmen in Betracht gezogen oder notwendig werden. Dabei war durchaus zu beobachten, dass einige Klimakenngrößen sich gemäß der Experteneinschätzung schon heute nicht mehr im grünen Bereich befinden, sondern im gelben oder sogar roten Bereich. Da die Resonanz auf die Herangehensweise des Projektes positiv und das Interesse an den Ergebnissen hoch war, ergab sich die Möglichkeit die berechneten Klimakenngrößen wiederum mittels einer Rückmelderunde von den jeweiligen Vertretern überprüfen zu lassen. Trotz der relativ geringen Zahl an Experteninterviews ist die Stichprobe für die vorliegenden Auswertungen geeignet, denn sie bilden einen Querschnitt über verschiedenen Handlungsfelder und Regionen in Baden-Württemberg. Verallgemeinerungen sind allerdings schwierig.

Die in den Experteninterviews befragten Vertreter sind in Kapitel 8.1 aufgeführt. Zu beachten ist, dass diese Liste nur die Experten umfasst, die sich für ein Interview bereit erklärt haben und einverstanden waren, namentlich im vorliegenden Bericht erwähnt zu werden. Einige Anfragen wurden aus verschiedenen Gründen von vornherein abgelehnt. Für eine Vergleichbarkeit unter den Antworten der Experten wurden die Interviews mit Hilfe von vorab aufgestellten Leitfragen durchgeführt (Baur & Blasius, 2014). Kapitel 8.2 zeigt den verwendeten Interview-Leitfaden.

Standardisierte Befragung

Ein großes Potential für die Verknüpfung von Klimasimulationsergebnissen mit praxisorientierten Handlungsoptionen liegt in den Erfahrungen von Kommunen. Für viele in Baden-Württemberg gelegene Kommunen ist das Thema Klimaschutz in den letzten Jahren fester Bestandteil der alltäglichen Arbeit geworden. Das Thema Klimaanpassung allerdings steht dabei für viele noch am Anfang und gewinnt erst seit Kurzem an Bedeutung. Abhängig von der finanziellen und personellen Ausstattung der Kommunen kann das Thema Klimaanpassung angegangen werden. Deswegen wurde unter Kommunen Baden-Württembergs eine standardisierte Befragung durchgeführt, welche nicht nur zum Ziel hatte Klimakenngrößen zu ermitteln, sondern auch mehr über den Stand der kommunalen Klimaanpassung zu erfahren.

Die Erstellung einer standardisierten Befragung erfordert viel Erfahrung und methodisches Wissen. Aus diesem Grund unterstützte Dr. rer. pol. Tina Kunz-Plapp (Geophysikalisches Institut, KIT) das vorliegende

Projekt bei der allgemeinen Gestaltung der Befragung. Zudem fanden Vorab-Interviews mit einigen Kommunen statt, um die Befragung auf Inhalt und Verständlichkeit zu überprüfen. Die vollständige Befragung findet sich im Kapitel 8.3. Der Flyer zur Erklärung der Befragung findet sich im Kapitel 8.4. Das übergeordnete Ziel der Befragung war es, Antworten auf folgende Fragen zu erhalten:

- Inwiefern sind die Folgen des Klimawandels in Ihrer Kommune ein Thema?
- Welche Aspekte des Wetters oder sogenannte Klimakenngrößen wie z. B. Anzahl von Sommertagen und Trockenperioden oder das Auftreten von Winterniederschlägen sind für Ihre Kommune wichtig?
- Welche noch nicht vorliegenden Kenngrößen wären wichtig für Ihre Kommune, um geeignete Anpassungsmaßnahmen an die unterschiedlichen Folgen des Klimawandels zu entwickeln?

Die Verbreitung der Befragung fand freundlicherweise mithilfe des Amtes für Umwelt- und Arbeitsschutz der Stadt Karlsruhe (Herr Hacker, Herr Steiling) und des Städtetags Baden-Württemberg (Frau Dr. Nusser) wiederholt statt. Aus Datenschutzgründen übernahm der Städtetag selbst das Verschicken der Befragung. Auf diese Weise konnten im Projekt ca. 180 Kommunen erreicht werden. Letztendlich füllten 23 Kommunen (knapp 13 %) die Befragung aus.

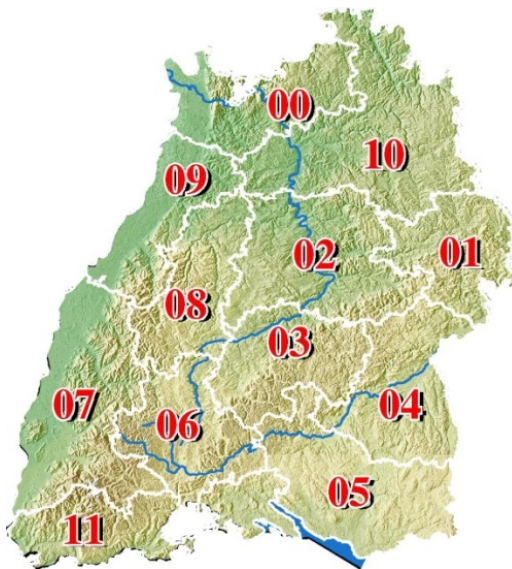
Neben einer Befragung unter Kommunen fand eine Befragung unter baden-württembergischen Unternehmen statt. Diese Befragung ähnelte der Befragung unter Kommunen stark und wurde lediglich für unternehmer-typische Fragestellungen geändert. Für die Verbreitung der Unternehmensbefragung stellte die LUBW (Herr Schulz-Engler) freundlicherweise einen umfangreichen Verteiler zur Verfügung. Aus Datenschutzgründen wurde die Befragung direkt durch die LUBW verschickt. Trotz der hohen Zahl an Adressaten schickte lediglich ein Unternehmen die Befragung ausgefüllt zurück. Da sich dieses Unternehmen ebenfalls bereit erklärte im Rahmen eines Experteninterviews ein vertiefendes Gespräch zu führen, wurde dieser Vertreter als Experte hinzugefügt (siehe Kapitel 8.1).

3.2 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Da die Klimamodellierung naturgemäß mit Unsicherheiten behaftet ist, werden mithilfe der Ensembles mögliche Spannbreiten der zukünftigen Klimaentwicklung angegeben, da sich diese nicht mit einer einzigen Zahl ausdrücken lässt. Zusätzlich sollte daher berücksichtigt werden, inwieweit die projizierten Änderungen in allen Klimamodellen und in allen Regionen einen eindeutigen Trend zeigen, oder ob sich die Ergebnisse zwischen einzelnen Modellen/Regionen deutlich unterscheiden. Darauf können die im Folgenden beschriebenen Boxplot-Darstellungen Hinweise geben, die die Kartendarstellungen ergänzen. Die Ergebnisdarstellungen beziehen sich außerdem jeweils auf den 30-jährigen Mittelwert einer Klimakenngröße, sodass zu bedenken ist, dass in einzelnen Jahren deutlich abweichende Werte auftreten können.

Regionen

Wegen der hohen räumlichen Auflösung des IMK-Ensembles bietet sich die Möglichkeit, Aussagen über Klimaänderungen in einzelnen Regionen Baden-Württembergs zu machen. Die im vorliegenden Projekt verwendeten Regionen sind die Regionen des Landes Baden-Württemberg (Abbildung 3). Sie unterscheiden sich u. a. in der Topografie und Landnutzung



Legende:

- 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

Abbildung 3: Die Regionen Baden-Württembergs mit Bezeichnung

Karten

Die Darstellung der Ergebnisse zur Entwicklung der Klimakenngrößen ist für alle Größen einheitlich. Zum einen ist, soweit vorhanden, eine Karte mit Beobachtungen zu sehen, welche die Situation im Kontrollzeitraum (1971-2000) in einer 7 km-Auflösung zeigt. In einzelnen Fällen, falls keine Beobachtungen vorhanden sind, wird das Ensemble-Mittel des IMK-Ensembles verwendet und dies in der Bilderunterschrift vermerkt. Beachtet werden muss jedoch, dass zur Erstellung des Datensatzes der Beobachtungen Messungen an Stationen auf ein regelmäßiges Modellgitter interpoliert wurden. Für den verwendeten E-OBS-Datensatz bedeutet dies eine horizontale Auflösung von 20 km. Für den Vergleich mit den beiden Klimasimulationsensembles wurde dieser Datensatz erneut interpoliert und zwar auf ein 7 km bzw. 25 km Modellgitter. Diese Interpolationsverfahren führen immer zu einer gewissen Unsicherheit in den Daten, was bei einem direkten Vergleich mit den Ergebnissen der Ensembles berücksichtigt werden muss.

Zum anderen zeigen drei weitere Karten die projizierten Änderungen der jeweiligen Klimakenngrößen in der nahen bzw. fernen Zukunft gegenüber dem Kontrollzeitraum. Da sich die räumliche Auflösung zwischen dem IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble unterscheidet, werden beide Ensembles nicht zusammengelegt, sondern separat betrachtet. Aus diesem Grund gibt es zwei Karten für die nahe Zukunft (einmal IMK-Ensemble und einmal Leitplanken-Ensemble) und eine Karte für die ferne Zukunft (Leitplanken-Ensemble). Für die Erstellung der Karten wird die Änderung des Mittelwerts des Ensembles zwischen Kontrollzeitraum und Zukunft an jedem Gitterpunkt ermittelt. Der Grund für diese Mittelung der Modellläufe eines Ensembles ist, dass die Ensembles als Ganzes betrachtet werden und angenommen wird, dass sie die gesamte Bandbreite der zu erwartenden Änderungen abbilden. Einzelne Klimamodelle spielen dabei eine eher untergeordnete Rolle.

Die Farbskala der beiden Karten der nahen Zukunft (IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble) ist jeweils für eine Klimakenngröße identisch, damit eine Vergleichbarkeit zwischen den Ensembles vorhanden ist. Rote Farben bedeuten immer eine Zunahme, blaue Farben immer eine Abnahme. Für die ferne Zukunft allerdings unterscheiden sich die Änderungen teilweise sehr stark von den Änderungen in der nahen Zukunft, weswegen in diesen Fällen eine alternative Farbskala gewählt wurde. Neben den Farben rot und blau zeigt diese erweiterte Farbskala zusätzlich die Farben orange (für Zunahme) und grün (für Abnahme) für den Bereich außerhalb der rot-blauen Farbskala auf. Die immer noch vorhandenen roten und blauen Farben innerhalb dieser erweiterten Farbskala zeigen aber stets den identischen Wertebereich wie die Karte der nahen Zukunft und ermöglichen somit einen Vergleich der unterschiedlichen Zeitperioden des Leitplanken-Ensembles.

Die Karten der Änderungen zeigen zusätzliche Informationen über die Signifikanz der Änderungen. Schließlich können Änderungen berechnet werden, die aus statistischen Gründen nicht signifikant sind. Als statistischer Test wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test benutzt. Dieser prüft für zwei gepaarte Stichproben die Gleichheit der zentralen Tendenzen der zugrundeliegenden (verbundenen) Grundgesamtheiten. Er berücksichtigt die Richtung (d. h. das Vorzeichen) der Differenzen sowie die Werte der Differenzen zwischen zwei gepaarten Stichproben (Wilks, 2007). Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test wurde an jedem Gitterpunkt angewendet. Der verfügbare Datensatz an jedem Gitterpunkt umfasst den dreißigjährigen Mittelwert eines jeden Klimamodells des jeweiligen Ensembles. Für die nahe Zukunft lagen folglich für das Leitplanken-Ensemble 16 Werte und für das IMK-Ensemble 12 Werte vor, in der fernen Zukunft für das Leitplanken-Ensemble 12. Für das IMK-Ensemble liegen in der fernen Zukunft keine Daten vor. Da der Umfang der Datensätze in der Vergangenheit und ferner Zukunft im Leitplanken-Ensemble unterschiedlich ist, musste für diese Änderung ein nicht-gepaarter Wilcoxon-Rangsummen-Test durchgeführt werden. Getestet wurde in allen Fällen auf dem 95 %-Signifikanzniveau. Diese Vorgehensweise zur Bestimmung der Signifikanz der Änderungen entspricht den Auswertungen der Klimaänderungen aus dem letzten IPCC-Bericht (IPCC, 2013). Die Ergebnisse des statistischen Tests werden in der Karte mit den Änderungen dargestellt, indem Gitterzellen mit nicht-signifikanten Ergebnissen schraffiert werden.

Box-Whisker-Plots

Die räumliche Variabilität sowie die Unterschiede im dreißigjährigen, klimatologischen Mittel zwischen den einzelnen Modellen sowie innerhalb Baden-Württembergs werden in einem sogenannten Box-Whisker-Plot dargestellt. Dieser enthält eine Zusammenschau der - sofern vorhandenen - Beobachtungen (in 7- und 25-km-Auflösung) und Simulationsergebnisse des IMK- und Leitplanken-Ensembles von ganz Baden-Württemberg sowie der Simulationsergebnisse für die einzelnen Regionen (nur IMK-Ensemble). Grundlage für den Box-Whisker-Plot ist der 30-jährige Mittelwert der einzelnen Klimamodelle an allen Modellgitterpunkten. Abbildung 4 zeigt den Aufbau eines Box-Whisker-Plots.

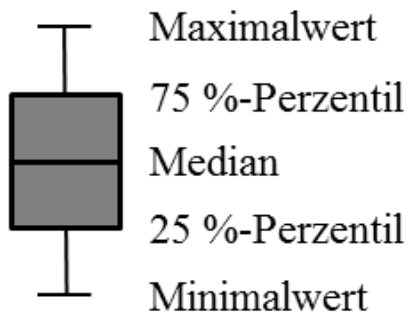


Abbildung 4: Aufbau des Box-Whisker-Plots

In der Mitte des Box-Whisker-Plots ist der Medianwert gezeigt. Das bedeutet, dass sich je die Hälfte der Daten unterhalb bzw. oberhalb dieser Markierung befinden. Der Bereich zwischen dem 25 %- und 75 %-Perzentil (Box) entspricht ebenfalls der Hälfte der Daten. Zwischen dem Maximal- und Minimalwert befinden sich alle verfügbaren Daten. Die verschiedenen zugrundeliegenden Datensätze (Beobachtungen, IMK-Ensemble, Leitplanken-Ensemble) werden zur Unterscheidung in unterschiedlichen Farben dargestellt.

Die Nummerierung der Box-Whisker-Plots für die Regionen entspricht der Nummerierung der Regionen in Abbildung 3. Bei einer Gesamtzahl von 743 Modellgitterpunkten im IMK-Ensemble (horizontale Auflösung 7 km) für ganz Baden-Württemberg und zwölf Regionen gibt es durchschnittlich knapp 62 Gitterzellen pro Region. Das Leitplanken-Ensemble hat allerdings nur 68 Gitterpunkten für Baden-Württemberg (horizontale Auflösung 25 km). Bei zwölf Regionen entspricht das durchschnittlich knapp sechs Gitterpunkten pro Region (bei einigen noch deutlich weniger). Für eine Auswertung des Leitplanken-Ensembles nach Regionen reicht diese Zahl nicht aus. Für das Leitplanken-Ensemble werden daher nur Ergebnisse für ganz Baden-Württemberg gezeigt.

Grundsätzlich beruhen alle in den Grafiken gezeigten Daten auf 30-jährigen Mittelwerten der jeweiligen Klimakenngröße. Dies bedeutet, dass sich jährliche Schwankungen nicht aus den Abbildungen ablesen lassen.

Werte-Tabelle

Zusätzlich gibt es neben dem Box-Whisker-Plot eine Tabelle, welche die Zahlenwerte des Box-Whisker-Plots enthält. Grund dafür ist zum einen, dass die Daten besser unter einander verglichen werden können. Zum anderen umfasst die Ordinate des Box-Whisker-Plots nicht für alle Klimakenngrößen den gesamten Werte-Bereich der Ensembles, welcher dann in die Tabelle nachgelesen werden kann.

3.3 SENSITIVITÄTSAMPEL

Die Sensitivität einer jeden Klimakenngröße gegenüber zukünftigen Änderungen sollte von den befragten Experten gemäß der Bereiche der „Sensitivitätsampel“ kategorisiert werden.

grün	kein / kaum Anpassungsbedarf	keine / kaum Maßnahmen nötig	geringe Kosten
gelb	mittlerer Anpassungsbedarf	unkomplizierte Maßnahmen nötig	mittlere Kosten
rot	starker Anpassungsbedarf	aufwendige Maßnahmen nötig	hohe Kosten

In den durchgeführten Gesprächen zeigte sich, dass für viele Experten die Benennung der für ihr Handlungsfeld geeigneten Klimakenngrößen bereits eine Herausforderung war. Daher konnten in dieser ersten Gesprächsrunde nur wenige Sensitivitätsbereiche bestimmt werden. In der Folge wurde im Verlauf des Projektes entschieden, nach der Auswertung der beiden Klimamodellensembles den Experten die Ergebnisse zu den von Ihnen genannten Kenngrößen in Form eines „Rückmeldebogens“ zur Verfügung zu stellen. Anhand dieses Rückmeldebogens konnten sie die zukünftigen, projizierten Entwicklungen auf ihre Folgen in einem Handlungsfeld hin beurteilen. Da viele Größen im Projekt erstmals ausgewertet wurden und bis dahin zu diesen Größen weder statistische Grundlagen für den Kontrollzeitraum (1971-2000) noch zukünftige Entwicklungen vorlagen, war die Kommunikation der Ergebnisse umso wichtiger. Fast alle Experten machten von dieser Form der Rückmeldung gebrauch, zum Teil ergänzten Sie auch weitere Informationen zu einzelnen Klimakenngrößen.

Wenn die Sensitivität abgeschätzt werden konnte, ist diese Einschätzung in einer Tabelle wiedergegeben (Experteneinschätzungen). Zusätzlich liegt eine Kartendarstellung in den Farben der Sensitivitätsampel vor, sofern der heutige Bereich und die Übergänge zwischen den anderen Bereichen eindeutig abgegrenzt wurden. Gelten die Sensitivitätsbereiche für ganz Baden-Württemberg, sind die Karten für die Ergebnisse von IMK- und Leitplanken-Ensemble dargestellt. Gelten die Sensitivitätsbereiche nur für einzelne Regionen, wird lediglich die betreffende Region für die Ergebnisse des IMK-Ensembles in einer Karte eingefärbt dargestellt.

Alle Beurteilungen der Sensitivität beruhen auf einzelnen Experteneinschätzungen und sind oft auf subjektive Erfahrungswerte gestützt. Daher sind die Einschätzungen zur „Sensitivitätsampel“ in den Kapiteln für die einzelnen Klimakenngrößen größtenteils in Zitatform gehalten.

4 Ergebnisse

4.1 STANDARDISIERTE BEFRAGUNG

Im Folgenden wird die vom Süddeutschen Klimabüro am KIT durchgeführte Umfrage zum Thema „Anpassung an den Klimawandel“ unter Kommunen Baden-Württembergs aus dem Jahr 2015 ausgewertet. Dazu werden ausgewählte Fragestellungen genauer erläutert und teilweise durch Abbildungen ergänzt.

Insgesamt wurde die standardisierte Befragung von 23 Kommunen ausgefüllt. Die Verteilung nach Einwohnerzahl aus der Befragung ist:

- über 10 000 bis 30 000 Einwohner: 35 % (8 Kommunen; im Folgenden auch: „kleine Kommunen“)
- über 30 000 Einwohner: 65 % (15 Kommunen; im Folgenden auch: „große Kommunen“)

Kommunen unter 10 000 Einwohnern sind nicht vertreten, was damit zu tun hat, dass die Befragung über den Städtetag verteilt wurde. Einige einzelnen Gespräche mit kleineren Kommunen wurden im Rahmen des Projektes durchgeführt und sind in den Ergebnissen berücksichtigt. Die Verteilung nach Höhenlage der Kommunen aus der Befragung ist:

- bis 250 m: 22 % (5 Kommunen)
- über 250 bis 500 m: 52 % (12 Kommunen)
- über 500 bis 750 m: 22 % (5 Kommunen)
- über 750 m: 4 % (1 Kommune)

Die Kommunen verteilen sich dabei auf mehrere Regionen (Abbildung 5). Keine Antworten gab es aus den Regionen Hochrhein-Bodensee, Heilbronn-Franken und Donau-Iller.

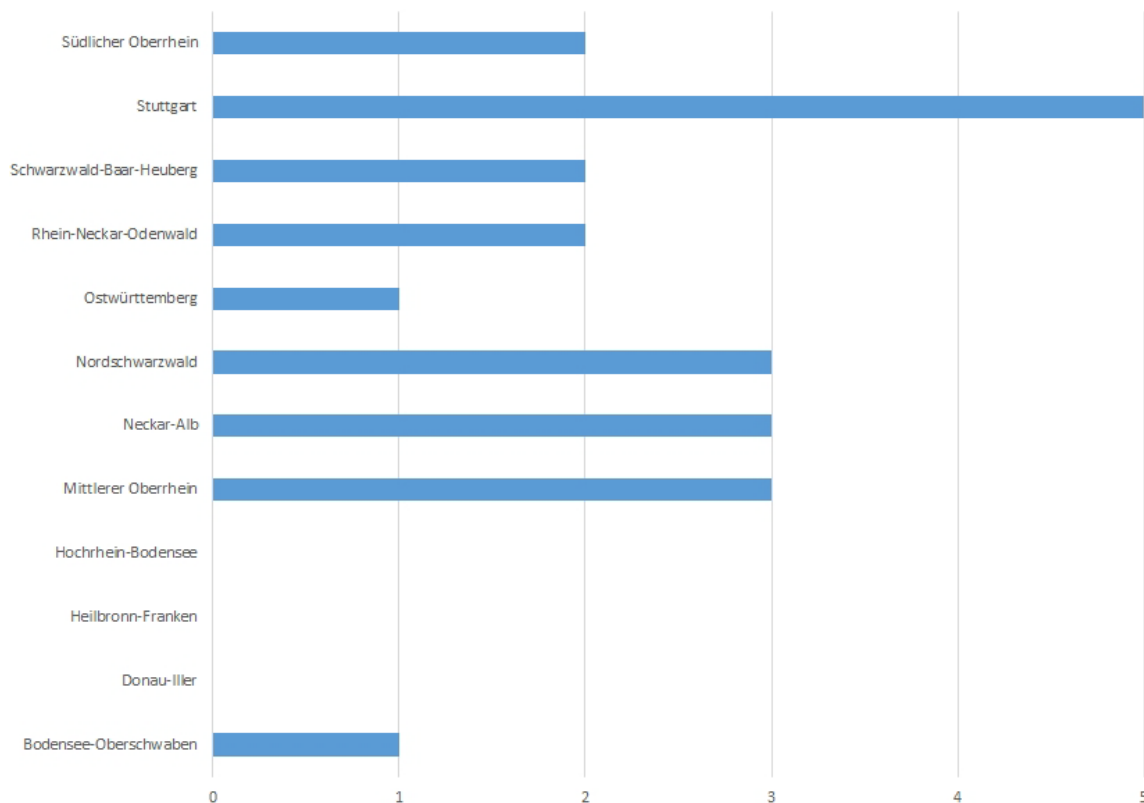


Abbildung 5: Regionale Lage der Kommunen aus der Befragung

In den Antworten auf die Frage „Wie wichtig ist das Thema Anpassung an den Klimawandel in Ihrer Kommune?“ zeigt sich, dass das Thema in den Kommunen sehr unterschiedliche Relevanz hat. Während 11 Kommunen das Thema als sehr wichtig, wichtig oder ziemlich wichtig einstufen (48 %), ist für 6 Kommunen (23 %) das Thema etwas, kaum oder nicht wichtig (Abbildung 6). Es fällt auf, dass die Anpassung an den Klimawandel in kleineren Kommunen eine etwas geringere Relevanz hat.

Bezüglich der Frage, welche Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel bereits getroffen wurden, ist die Spannweite in den Kommunen sehr groß, da manche Kommunen keine Anpassungsmaßnahmen, andere dagegen schon sehr viele Aktivitäten im Bereich der Klimaanpassung realisiert haben. Außerdem verfolgen 7 Kommunen bereits konkrete Klimaanpassungsstrategien / -konzepte. Beispiele aus den Anpassungsmaßnahmen sind:

- CO₂ Reduktion
- Internetpräsenz
- Öffentlichkeitsarbeit
- Erstellung einer Broschüre zum Thema „Klimaanpassung in Kommunen“ mit Best-Practice Beispielen aus Deutschland und deren Umsetzung in der eigenen Stadt
- Durchführung verschiedener Stadtklimaanalysen
- regelmäßige Ausarbeitung von Isothermenkarten und Infrarot Thermalbefliegungen
- Entwurf von Klimagutachten
- Teilnahme an Forschungsvorhaben wie KLIMOPASS und Arbeitskreisen wie „Regionales Netzwerk zu Klimawandel und Klimafolgenanpassung“
- Erstellung von Hochwasserschutzkarten und Ausbau des Abwassernetzes
- Anpassung der Waldbestände und Stadtbegrünung an neue klimatische Bedingungen
- Entwicklung eines Indikatorsystems für den Aufbau eines Monitorings zu den Auswirkungen des Klimawandels
- Aufhellung von Deckschichten zur Reduktion von Stauhitze
- Verbesserung der Stadtdurchlüftung durch adaptierte Bauleitplanung

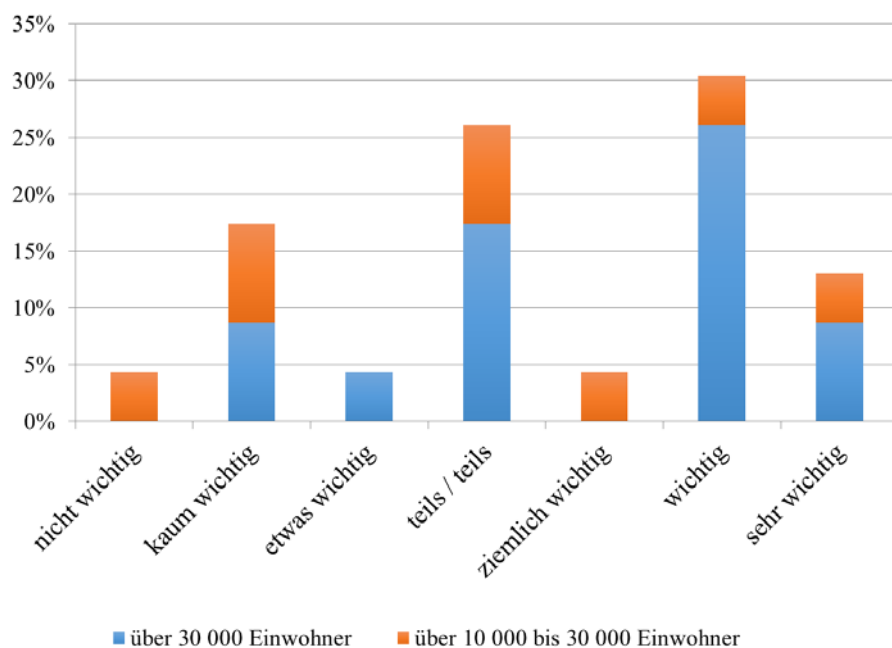


Abbildung 6: Antworten auf die Frage „Wie wichtig ist das Thema Anpassung an den Klimawandel in Ihrer Kommune?“

Aus Abbildung 7 geht hervor, in welchen Bereichen Kommunen Entscheidungen zur Klimaanpassung gerne anders berücksichtigen würden. Dabei sind verschiedene Bereiche in die Handlungsfelder eingeflossen. Die folgende Auflistung zeigt die Zuordnung der Antworten aus der Befragung zu den Handlungsfeldern, um die Wichtigkeit der Handlungsfelder in Abbildung 7 darzustellen.

- Stadt- und Raumplanung: Hochwasserschutz, Schutz gegen Extremereignisse, Verkehrsplanung, Stadt- und Raumplanung, Reduzierung von Wärmeinseln, Grünflächenplanung.
- Wirtschaft / Energiewirtschaft: Hochwasserschutz, Schutz gegen Extremereignisse, Bauleitplanung, Verkehrsplanung, Winterdiensterteilung.
- Wald und Forstwirtschaft: Schutz gegen Extremereignisse, Baum- / Pflanzenartenwahl.
- Naturschutz- und Biodiversität: Naturschutz.
- Gesundheit: Gesundheitswesen, Schutz gegen Extremereignisse, Reduzierung von Wärmeinseln.
- Wasserhaushalt: Hochwasserschutz, Schutz gegen Extremereignisse.
- Landwirtschaft: Schutz gegen Extremereignisse
- Tourismus: keine Nennung konnte zugeordnet werden.
- Boden: : keine Nennung konnte zugeordnet werden.

Die genauen Werte stehen unter dem Namen des Handlungsfeldes und stellen die absolute Häufigkeit dar, d. h. sie geben an wie oft Nennungen der jeweiligen Kategorie zugeordnet wurden. Den ersten Platz nimmt die Stadt- und Raumplanung mit 27 Stimmen ein.

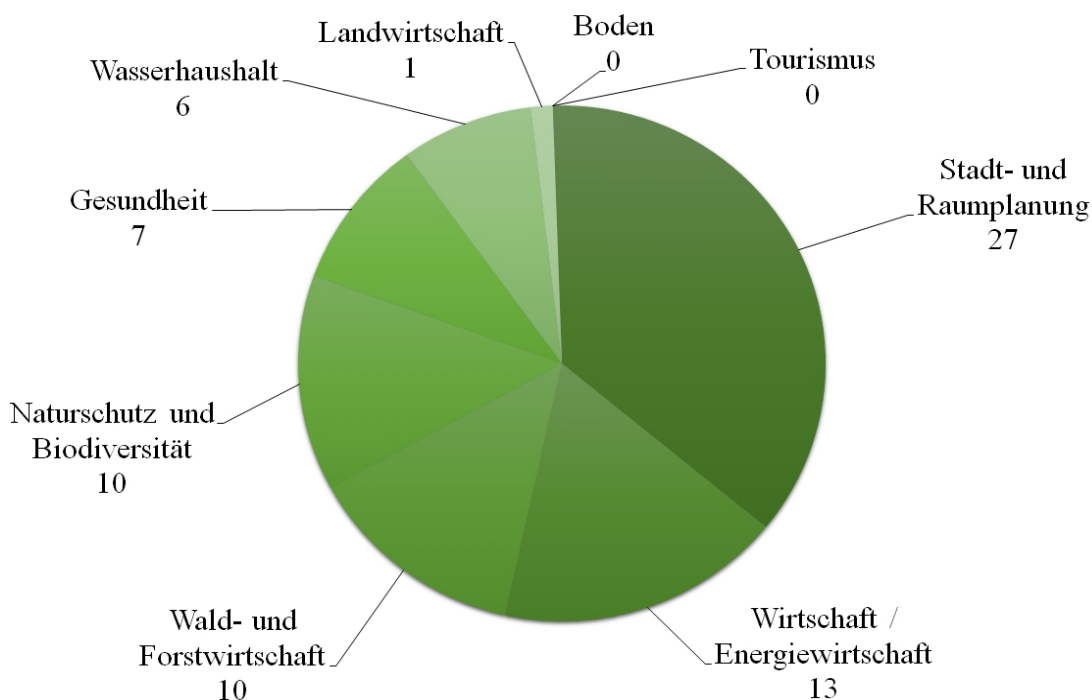


Abbildung 7: Antworten auf die Frage „In welchen Bereichen würden Sie Aspekte des Klimas bei Entscheidungen zur Klimaanpassung gerne anders berücksichtigen?“

Der Abbildung 8 sind die Gründe zu entnehmen, die die Kommunen daran hindern, Aspekte des Klimas bei Entscheidungen zur Klimaanpassung stärker zu berücksichtigen. Die orangen Säulen geben die Antworten der kleinen, die blauen Säulen die Antworten der großen Kommunen wider. Die Werte entsprechen der absoluten Häufigkeit. An erster Stelle steht dabei die relative Neuheit des Themas mit 11 Stimmen. Erschwerend wirken auch die personellen Rahmenbedingungen mit 9 Stimmen. Auf den darauffolgenden Plätzen mit 8 und 7 Stimmen liegen die fehlende Akzeptanz bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen und die internen Verwaltungsstrukturen. Überraschend ist, dass die finanziellen Rahmenbedingungen bei den kleinen

Kommunen wenig ins Gewicht fallen, während diese bei den großen Kommunen denselben Wert erreicht wie die internen Verwaltungsstrukturen. Auffällig ist auch das fehlende Wissen der kleinen Kommunen, an welcher Stelle Klimadaten zu finden sind. Im Vergleich zu der geringen fehlenden Akzeptanz der Bevölkerung ist die fehlende Akzeptanz in der Verwaltung mit 6 Stimmen sehr hoch.

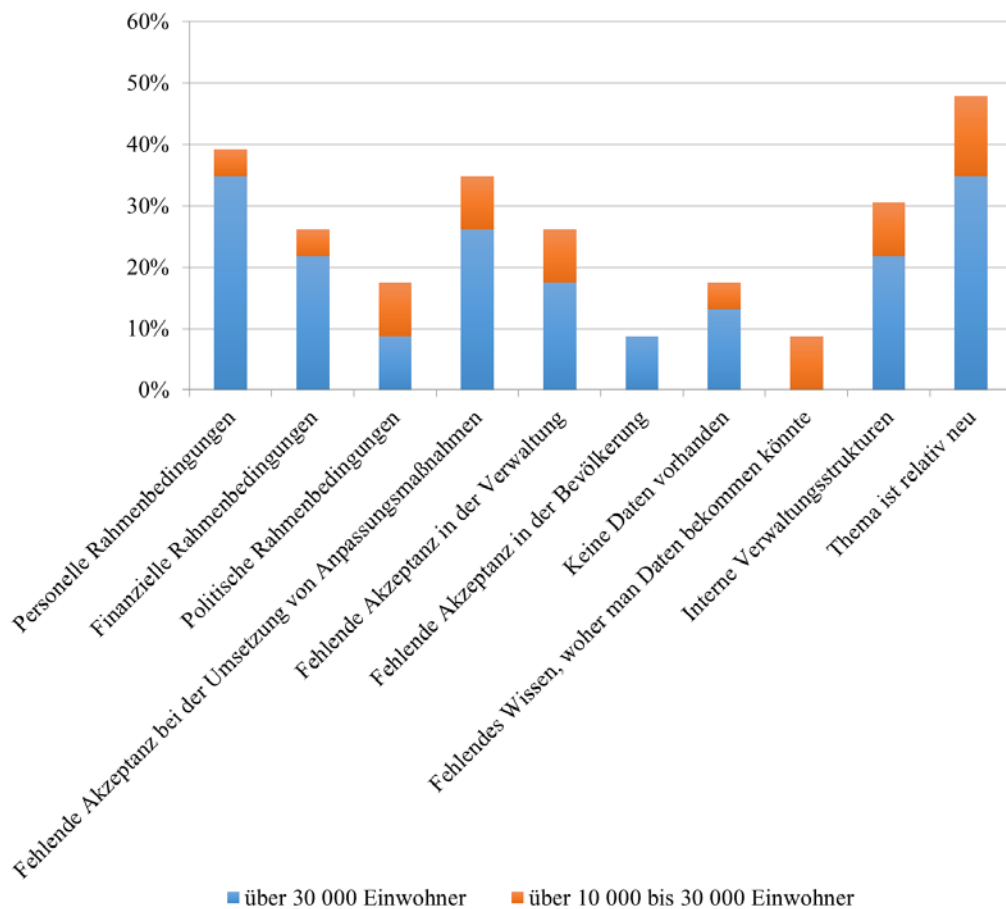


Abbildung 8: Gründe, die eine Kommune hindern, Klimaanpassung in einem Bereich stärker zu berücksichtigen

Aus Abbildung 9 wird ersichtlich, welche Wetterereignisse der letzten Jahre für Probleme in den Kommunen sorgten. Die Werte sind stellvertretend für die Anzahl der Nennungen. Auf Platz 1 liegen die Hitzeperioden / Hitzewellen, sowie der Starkregen mit 9 Stimmen. 8 Kommunen nannten Probleme durch Hochwasser. Auf den letzten Plätzen liegen Schnee mit 2 und Tropennächte sowie Kälteperioden mit jeweils 1 Nennung. Auffällig ist, dass Wettergeschehen zur Winterzeit wie Schnee und Kälteperioden nur für einen kleinen Teil der Kommunen ein Problem darstellt. Dagegen bereiten Hitze und Trockenheit vielen Kommunen Schwierigkeiten. Starkregen zusammen mit Hochwasser stellen jedoch die größte Problematik dar.

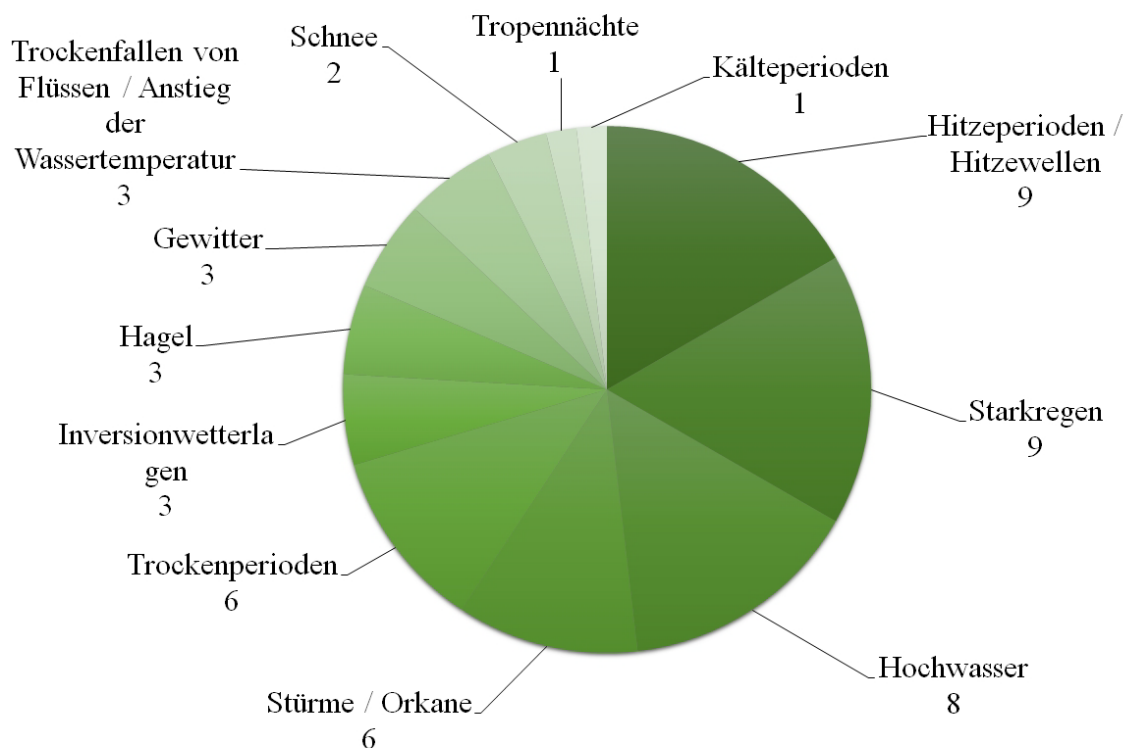


Abbildung 9: Antworten auf die Frage „Gab es in den letzten Jahren Wetterereignisse oder Änderungen in deren Häufigkeit, die Probleme in Ihrer Kommune verursachten?“

Bezogen auf die verschiedenen Klima- bzw. Wetterereignisse oder Größen, die in Überlegungen zur Klimaanpassung berücksichtigt werden, wird das Auftreten von Hitzeperioden mit 11 Stimmen am häufigsten als „sehr wichtig“ eingestuft (Abbildung 10). Von großer Bedeutung ist auch die Luftqualität und belegt mit 9 Stimmen für „sehr wichtig“ den zweiten Platz. Die dritt wichtigste Größe mit 8 Stimmen ist das Auftreten von Starkniederschlägen. Eine geringere Rolle spielen die Anzahl der Schneetage, die Niederschläge im Winterhalbjahr, das Auftreten von Kälteperioden, der Beginn und die Dauer der Vegetationsperiode und die Temperaturen im Winterhalbjahr. Zusammenfassend werden die Ereignisse, die sich im Sommerhalbjahr ereignen, viel häufiger von den Kommunen als „sehr wichtig“ erachtet als die Ereignisse, die im Winterhalbjahr auftreten. Werden dabei die großen und kleinen Kommunen einzeln betrachtet, zeigen sich jedoch teilweise deutliche Unterschiede in der Rangfolge. Insgesamt gilt, dass bis auf die Niederschläge im Winterhalbjahr die großen Kommunen in allen Klimaereignissen eine gleiche bis höhere Relevanz sehen als die kleinen Kommunen. Während bei den großen Kommunen das Auftreten von Hitzeperioden und das Auftreten von Starkniederschlägen zusammen an erster Stelle liegen, ist das Auftreten von Hitzeperioden in kleinen Kommunen deutlich weniger relevant als das Auftreten von Starkniederschlägen. Während 11 der großen Kommunen die Luftqualität als „sehr wichtig“ oder „wichtig“ befinden, sind es bei den kleinen Kommunen nur 4. Bezogen auf die jeweilige Gesamtzahl der Antworten entspricht dies etwa einem Unterschied von 20 Prozent. Werden wieder kleine und große Kommunen als Einheit betrachtet, gilt insgesamt, dass die Luftqualität, Extremereignisse wie Sturm, Starkniederschläge und Hagel, und auch für das Sommerhalbjahr typische Klimaereignisse, wie Auftreten von Hitzeperioden, Niederschläge im Sommerhalbjahr, Temperaturen im Sommerhalbjahr und das Auftreten von Trockenperioden von ähnlicher Bedeutung sind. Die im Winterhalbjahr typischen Klimaereignisse haben dagegen nur für die wenigsten Kommunen eine hohe Relevanz. Bei alleiniger Betrachtung der kleinen Kommunen fällt auf, dass die Relevanz der Luftqualität leicht niedriger eingestuft wird. Der größte Bedeutungsverlust fällt jedoch vor allem in das Gebiet der temperaturbedingten Klimaereignisse, wie Auftreten von Hitzeperioden, Auftreten von Kälteperioden und Temperaturen im Sommerhalbjahr, sowie das Extremereignis Auftreten von Hagelschlag. Die großen Kommunen zeigen dagegen genau für diese Größen eine höhere Relevanz. Ein möglicher Grund im Bereich der Luftqualität ist der

größere Schadstoffausstoß in den großen Kommunen. Im Vergleich zu den kleinen Kommunen kann dies bei austauscharmen Wetterlagen zu einer wesentlich höheren Schadstoffbelastung führen. Der temperaturbedingte Unterschied zwischen großen und kleinen Kommunen könnte sich durch den höheren Bebauungsquerschnitt in den großen Kommunen erklären lassen. Dieser kann das Auftreten von Hitzeinseln verstärken und daher zu größeren Temperaturbelastungen führen.

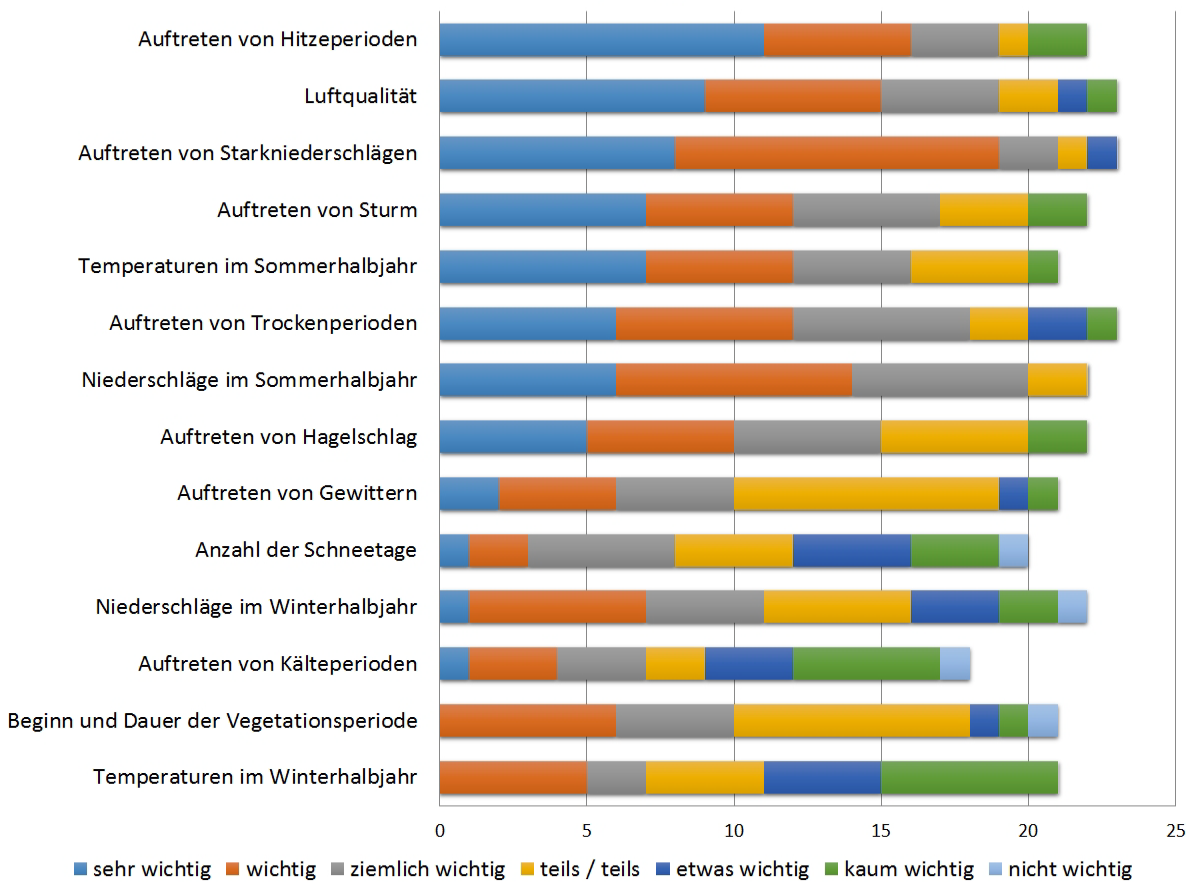


Abbildung 10: Antworten auf die Frage „Wie wichtig sind folgende Ereignisse bzw. Größen in Bezug auf Ihre Überlegungen zur Klimaanpassung?“

Abbildung 11 verdeutlicht, in welchen Handlungsfeldern Wetterereignisse der letzten Jahre Einfluss hatten. Die Handlungsfelder setzten sich dabei aus verschiedenen Bereichen zusammen (vgl. Abbildung 7).

Unter den einzelnen Handlungsfeldern ist der genaue Stimmenwert angegeben. Die Fläche eines Segments steht repräsentativ für den Anteil der Gesamtstimmen. Mit 21 Stimmen und großem Abstand zum Zweitplatzierten liegt das Handlungsfeld Wirtschaft / Energiewirtschaft an erster Stelle. Wald und Forstwirtschaft erreicht mit 12 Stimmen den zweiten Platz. Darauf folgen Stadt- und Raumplanung und Wasserhaushalt mit je einer Stimme weniger.

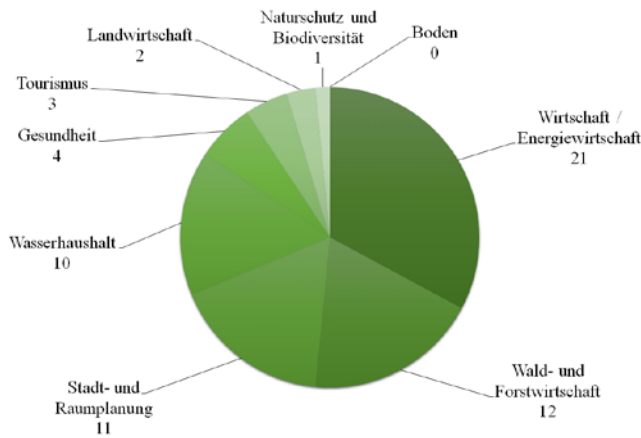


Abbildung 11: Antworten auf die Frage „In welchem Bereich oder Handlungsfeld gehen Größen aus den vorherigen beiden Fragen in Planungen oder Entscheidungen ein (z. B. Gesundheitsvorsorge, Straßenbau, Baumauswahl bei Aufforstungen,...)?“

In Abbildung 12 ist dargestellt, in welcher Form die Informationen zu Klimakenngrößen idealerweise vorliegen sollen. Die Werte sind dabei repräsentativ für die Häufigkeit der Nennung. Die meisten Kommunen mit 18 Stimmen würden eine Internetseite als Informationsquelle bevorzugen. Danach folgen GIS-Datensätze, Rohdaten oder eine Broschüre auf Papier. Die Daten-App erhielt nur 2 Stimmen und ist daher laut dieser Befragung nicht wünschenswert. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass leicht erhältliche, bereits aufbereitete Online-Daten der Papierbroschüre deutlich überlegen sind.

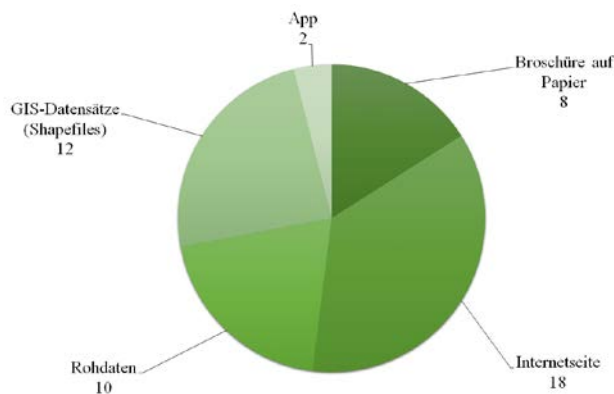


Abbildung 12: Antworten auf die Frage „In welcher Form sollten die Informationen zu Klimakenngrößen idealerweise vorliegen?“

Abbildung 13 gibt wieder, welche Kenntnisse die Kommunen über Einrichtungen zum Erhalt von Informationen zu zukünftigen Klimaänderungen besitzen und wie häufig sie diese Einrichtungen nutzen. Dabei repräsentieren die blauen Balken die Antwortmöglichkeit „nutze ich regelmäßig“, die roten „habe ich schon einmal genutzt“, die gelben „keine Angabe“ und die grauen „kenne ich nicht“. Weiterhin sind die Kategorien nach der Regelmäßigkeit der Nutzung geordnet. Allen Kommunen ist die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) bekannt, und mit 15 Stimmen liegt sie an erster Stelle bei der regelmäßigen Nutzung. Alle Kommunen kennen auch das Umweltbundesamt (11 Stimmen). Der Deutsche Wetterdienst (DWD) wird von 9 Kommunen regelmäßig genutzt und ist auch allen Kommunen bekannt. Nur 1 bis 4 Kommunen geben keine Angabe zu diesen Einrichtungen. Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), das Süddeutsche Klimabüro am Karlsruher Institut für Technologie, die Universitäten in Baden-Württemberg und das Climate-Service Center 2.0 / CSC (aktueller Name: GERICS) werden weniger regelmäßig genutzt. Keine der Kommunen nutzt die Universitäten außerhalb von Baden-Württemberg, die National Aeronautics and Space Administration (NASA) und die National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) regelmäßig. Alles in allem ergibt sich, dass viele der angebotenen

Einrichtungen zum Erhalt von Informationen zu zukünftigen Klimaänderung von den Kommunen auch tatsächlich genutzt werden. Da dabei auch die Bekanntheit der Einrichtung von Bedeutung ist, sind die LUBW, der DWD und das Umweltbundesamt besonders stark frequentiert. Universitäten, sowohl in als auch außerhalb von Baden-Württemberg, werden eher gelegentlich verwendet. Das vorliegende Projekt hat sich als eines ihre Ziele gesetzt, dies zu ändern.

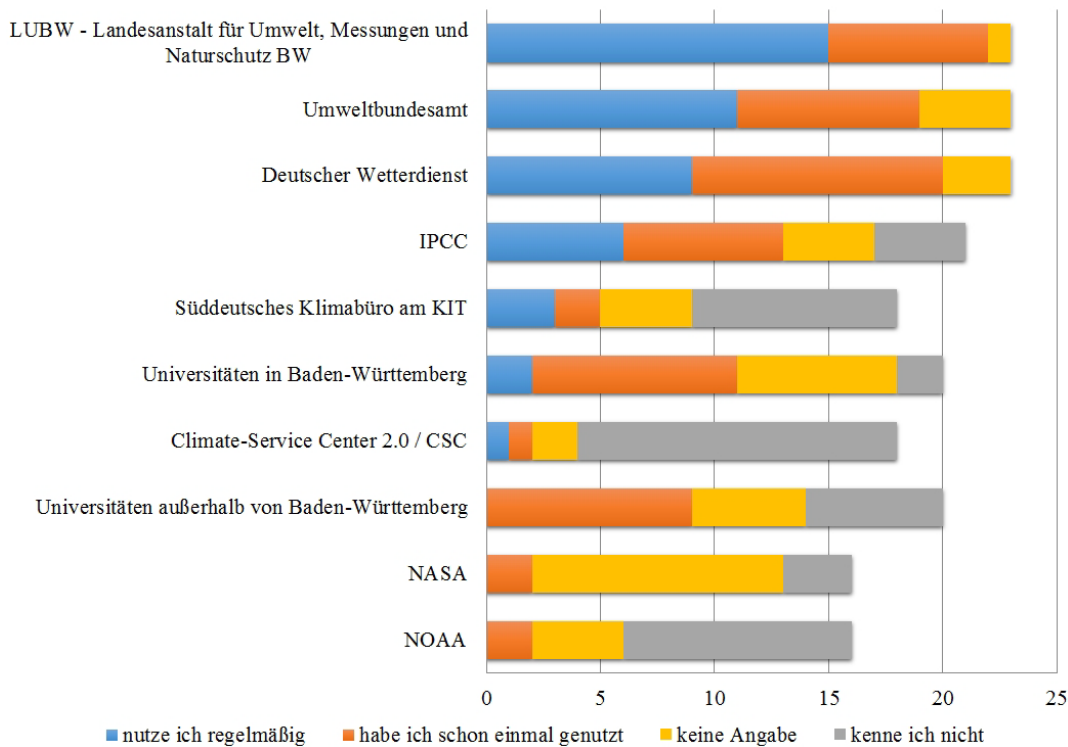


Abbildung 13: Antworten auf die Frage „Welche Einrichtungen kennen Sie, bei denen Sie Informationen zu zukünftigen Klimaänderungen und Folgen des Klimawandels erhalten können? Haben Sie Dienste dieser Einrichtungen in Ihrer Kommune schon einmal genutzt oder nutzen sie regelmäßig?“

4.2 VERGLEICH ZWISCHEN DEN ENSEMBLES

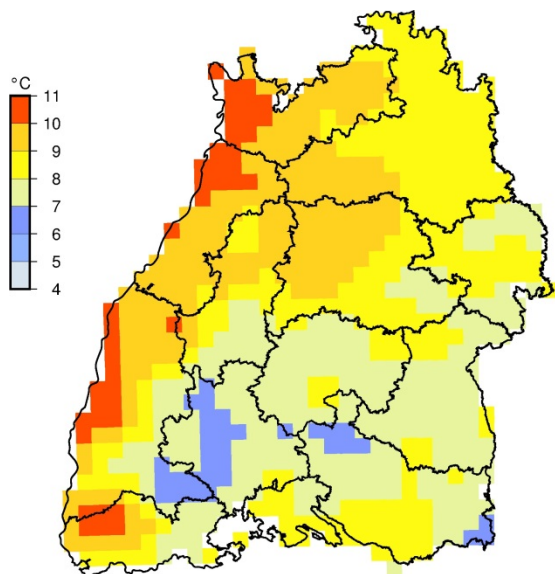
In diesem Abschnitt werden einige Klimagrößen verwendet, um Leitplanken- und IMK-Ensemble zu vergleichen. Diese Klimagrößen bilden für die meisten Klimakenngrößen im vorliegenden Projekt eine wichtige Grundlage.

Jahresmitteltemperatur

Bei den Spannbreiten der Jahresmitteltemperatur stimmen die Modellsimulationen von IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble im Mittel über Baden-Württemberg in der nahen Zukunft (2021-2050) gut überein (Abbildung 14 und Abbildung 16). Für den Kontrollzeitraum (1971-2000) liegen die Jahresmitteltemperaturen des IMK-Ensembles aufgrund des Verfahrens der Bias-Korrektur sehr nahe beisammen, da sie direkt mit Beobachtungsdaten korrigiert wurden. Die Beobachtungen liegen je nach Interpolation bei 8,3 °C und 8,5 °C im Mittel über ganz Baden-Württemberg.

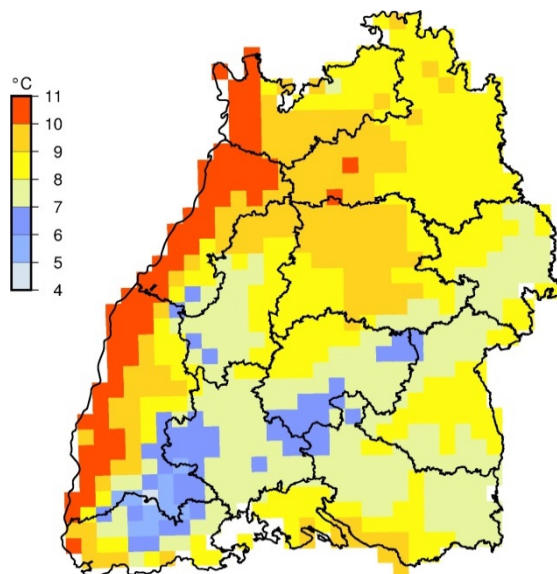
Beide Ensembles zeigen einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur über Baden-Württemberg in der nahen Zukunft. Das Leitplanken-Ensemble zeigt zudem einen deutlichen Anstieg der Jahresmitteltemperatur für die ferne Zukunft (2071-2100) (Abbildung 15).

Beobachtungen



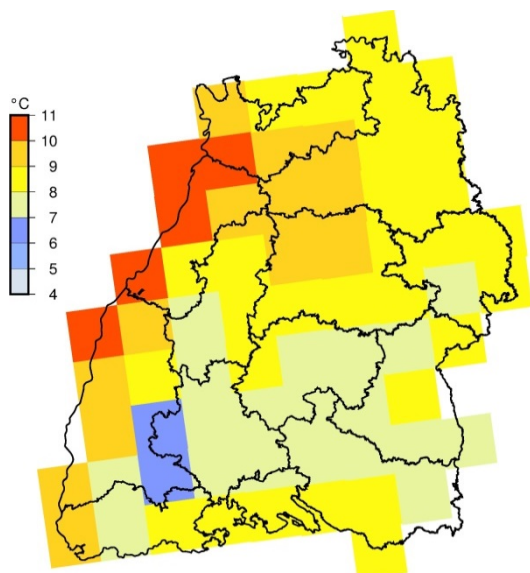
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Modellsimulationen für den Kontrollzeitraum (1971–2000)

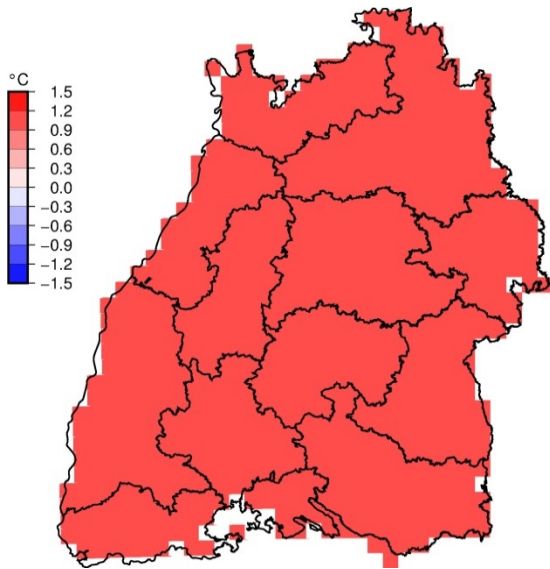
Leitplanken-Ensemble



Modellsimulationen für den Kontrollzeitraum (1971–2000)

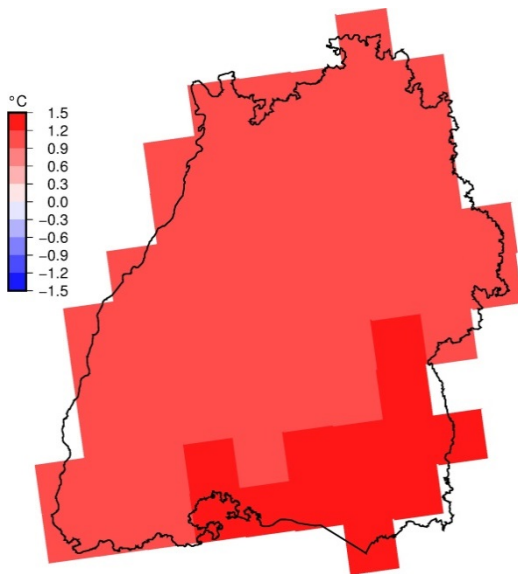
Abbildung 14: Jahresmitteltemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

IMK-Ensemble



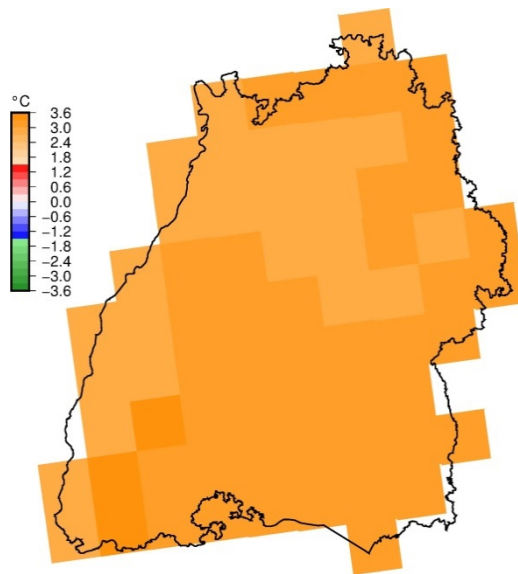
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 15: Berechnete Änderungen der Jahresmitteltemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

Tabelle 3: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Jahresmitteltemperatur)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	6.6	7.8	8.5	9.2	10.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	5.7	7.7	8.4	9.2	10.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	6.2	7.8	8.3	9.2	10.6
IMK-Ensemble	1971-2000	4.7	7.6	8.3	9.2	10.6
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	6.9	8.9	9.6	10.4	12.8
IMK-Ensemble	2021-2050	5.7	8.7	9.4	10.3	12.8
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	9.0	10.8	11.4	12.2	14.7

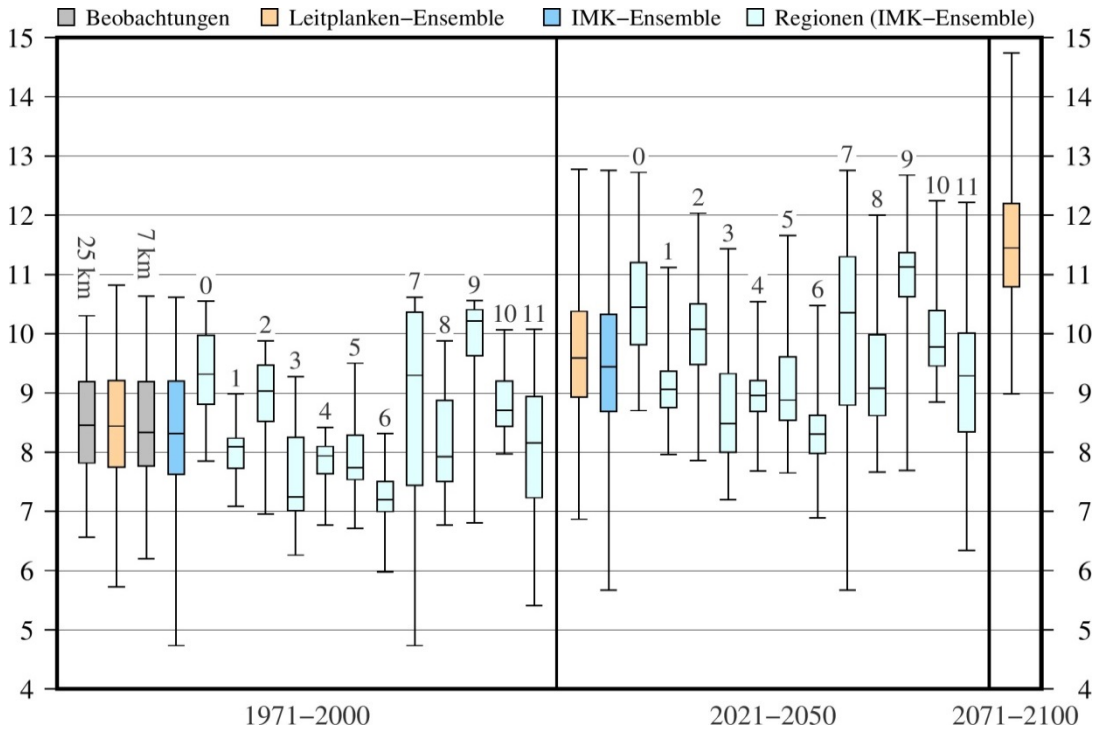


Abbildung 16: Jahresmitteltemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).

Jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur

Für die jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur wurde die Tageshöchsttemperatur verwendet und über den 30-jährigen Zeitraum gemittelt (Abbildung 17). Der Median des IMK-Ensembles für den Kontrollzeitraum liegt, wie für die Beobachtungen, bei rund 12,9 °C, der des Leitplanken-Ensembles bei rund 12,9 °C (Tabelle 4 und Abbildung 19). Wie auch bei der Jahresmitteltemperatur steigen wird eine Erhöhung der Tageshöchsttemperaturen über Baden-Württemberg in beiden Ensembles erwartet (Abbildung 18).

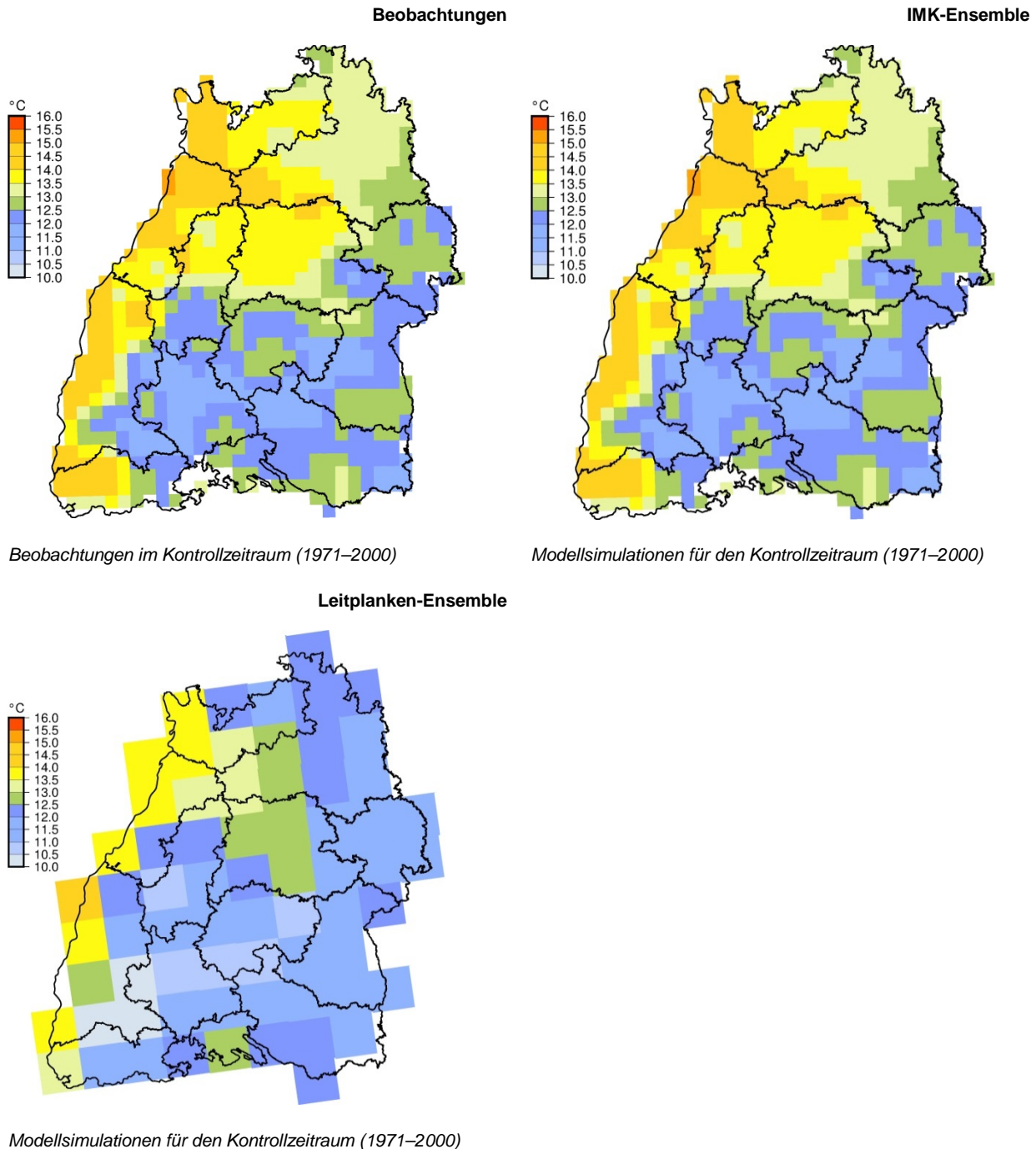
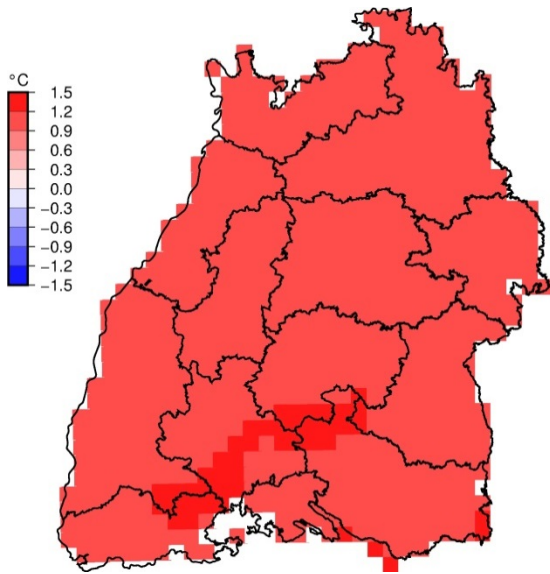


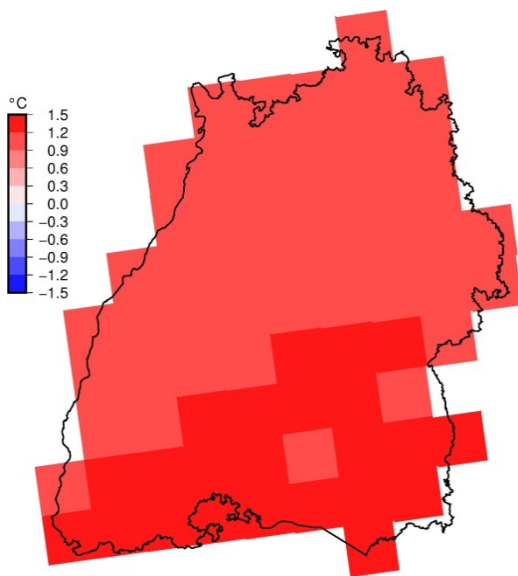
Abbildung 17: Jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

IMK-Ensemble



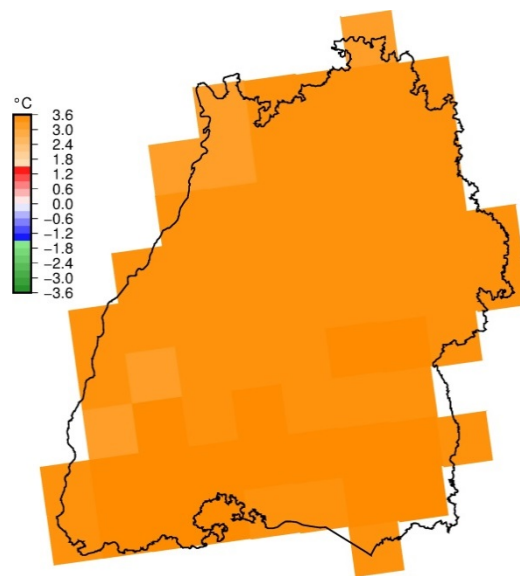
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 18: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren Tageshöchsttemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

Tabelle 4: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	11.5	12.5	12.9	13.7	14.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	8.2	11.2	12.0	13.1	16.7
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	11.1	12.3	12.9	13.7	15.1
IMK-Ensemble	1971-2000	11.0	12.3	12.9	13.6	15.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	9.2	12.2	13.1	14.3	18.0
IMK-Ensemble	2021-2050	12.0	13.5	14.1	14.8	17.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	11.2	14.4	15.5	16.8	19.9

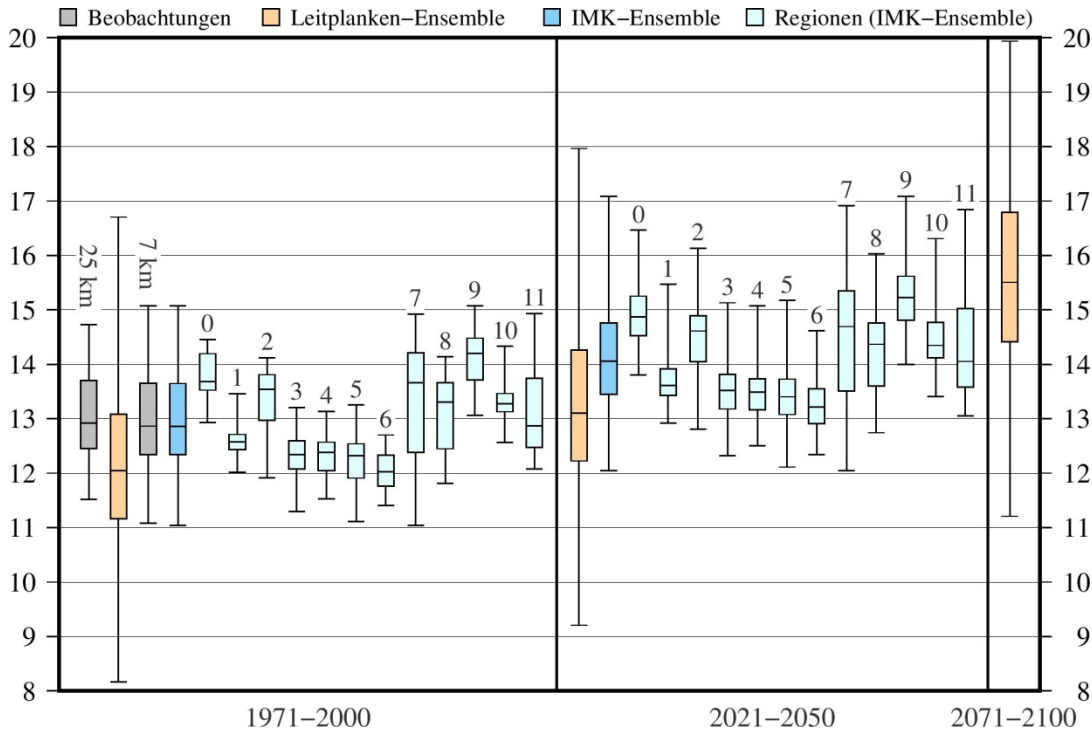


Abbildung 19: Jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).

Jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur

Für die jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur wurde die Tagestiefsttemperatur für jeden Tag verwendet und über einen dreißigjährigen Zeitraum gemittelt (Abbildung 20 und Abbildung 21). Für den Kontrollzeitraum liegt das IMK-Ensemble aufgrund der Bias-Korrektur wie die Beobachtungen bei 4,3 °C. Die Werte des Leitplanken-Ensembles liegen mit 5,2 °C etwas höher (Tabelle 5 und Abbildung 22).

In Kombination mit der Betrachtung der Tagesmittel- und Tageshöchsttemperatur weist das IMK-Ensemble eine größere Tagesamplitude der Temperatur gegenüber dem Leitplanken-Ensemble auf, die realistischer im Vergleich zu den Beobachtungen sind. Mögliche Erklärungen sind die unterschiedlichen räumlichen Auflösungen sowie das verwendete Verfahren zur Bias-Korrektur. Die im Leitplanken-Ensemble vorhandenen Modellläufe mit ursprünglicher 7 km-Auflösung zeigen diesen Effekt nicht, weil sie für die Auswertung auf ein 25 km-Gitter interpoliert wurden. Der Unterschied in den Temperaturextremen zwischen beiden Ensembles hat zur Folge, dass Klimakenngrößen, welche auf diesen Extremen basieren, ebenfalls Unterschiede aufzeigen.

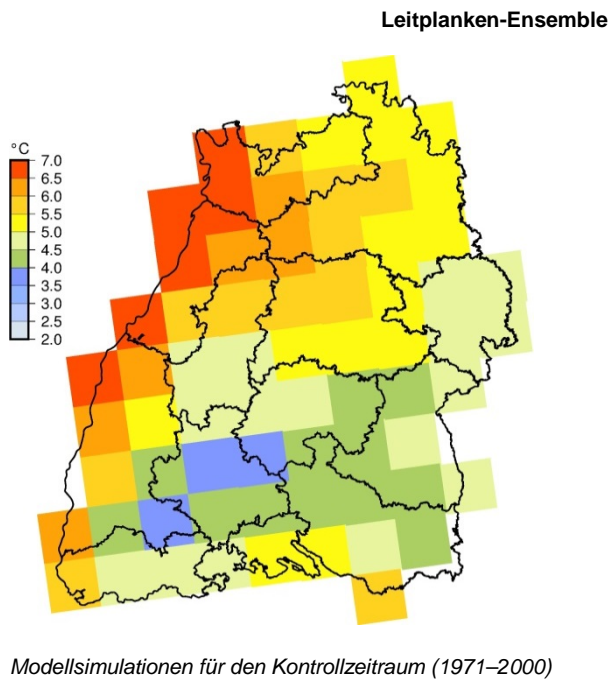
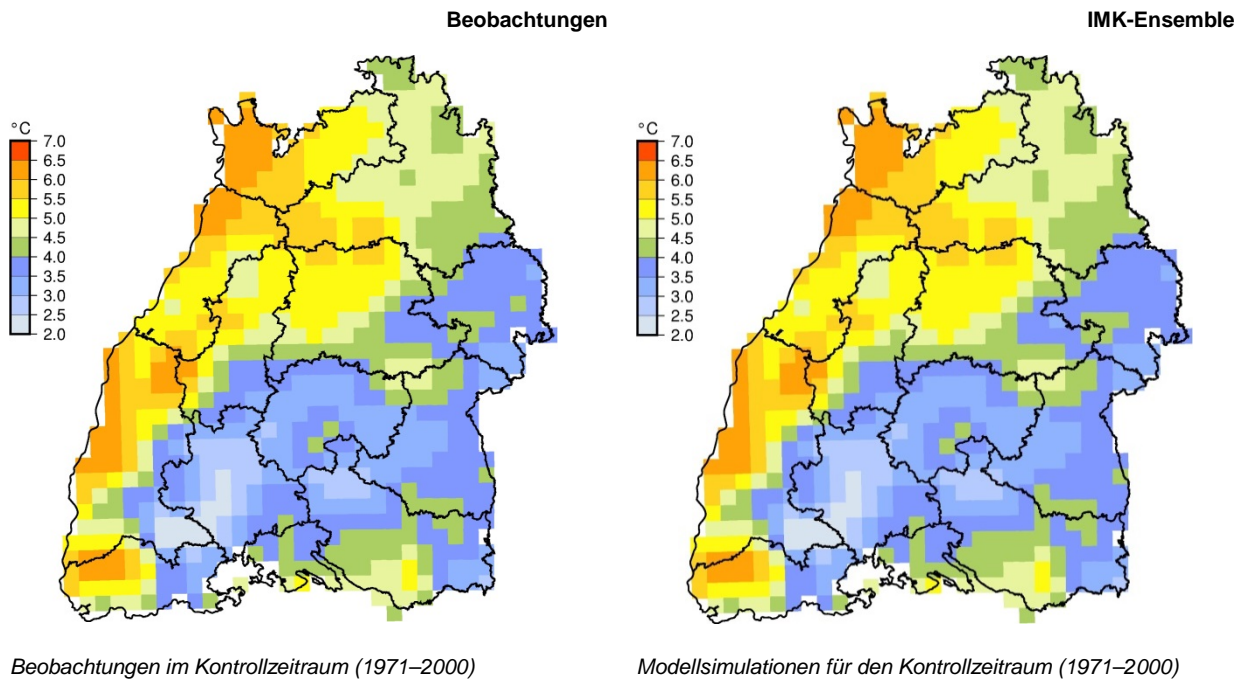
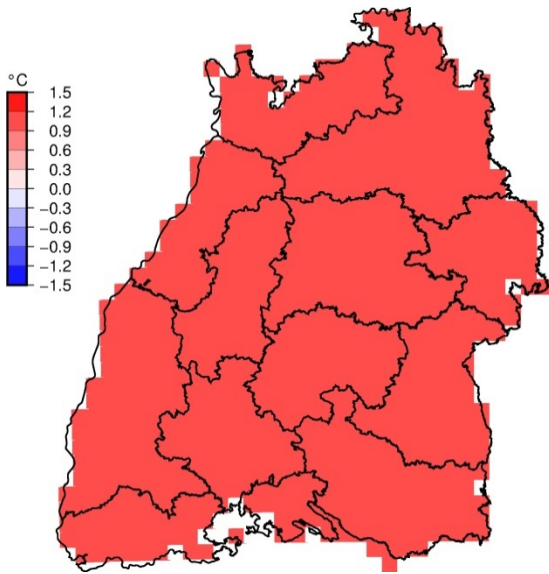


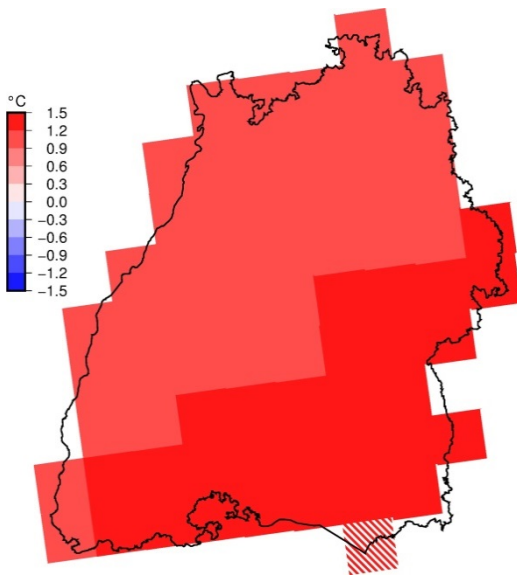
Abbildung 20: Jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

IMK-Ensemble



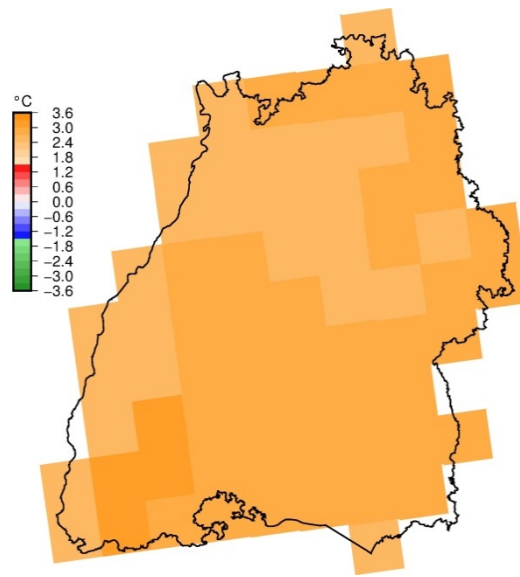
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 21: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren Tagestiefsttemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

Tabelle 5: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	2.3	3.8	4.5	5.2	6.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	1.7	4.3	5.2	6.0	8.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	2.0	3.7	4.3	5.2	6.5
IMK-Ensemble	1971-2000	2.0	3.7	4.3	5.2	6.5
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	3.1	5.6	6.4	7.1	9.2
IMK-Ensemble	2021-2050	2.8	4.7	5.4	6.2	8.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	4.8	7.3	7.9	8.5	10.4

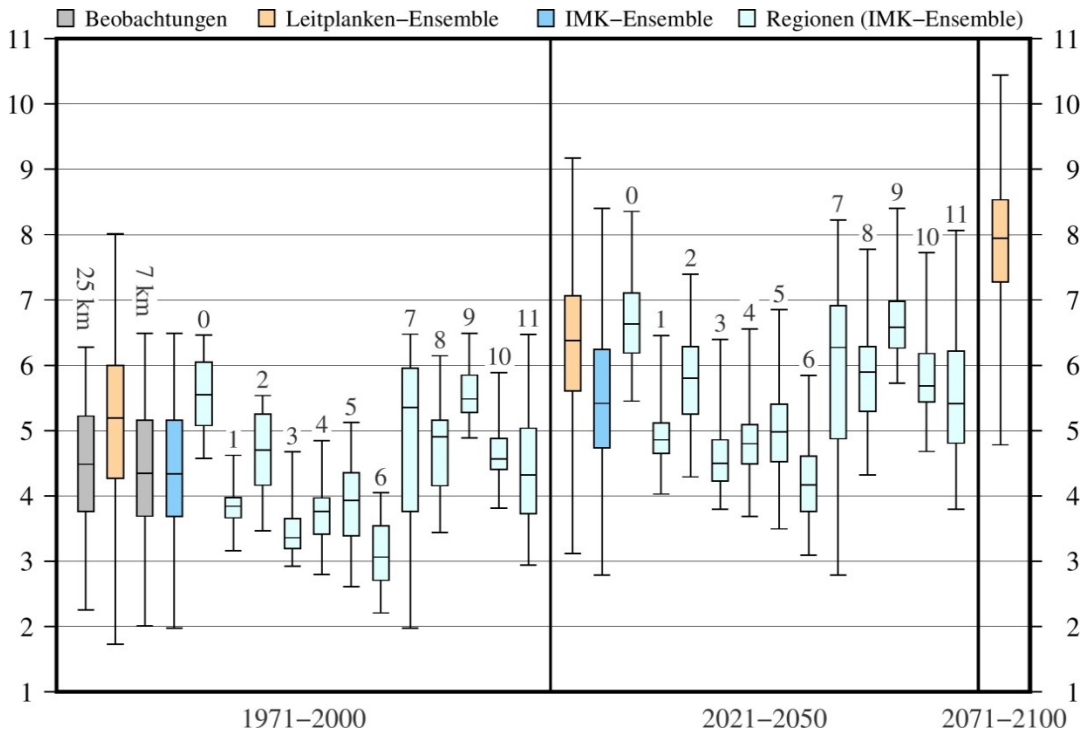


Abbildung 22: Jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).

Jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit

Für die mittlere relative Luftfeuchtigkeit über Baden-Württemberg liegen die Werte des IMK-Ensembles für den Kontrollzeitraum und die nahe Zukunft innerhalb der Spannweite des Leitplanken-Ensembles, weisen allerdings eine deutlich geringere Streuung auf (Abbildung 23, Abbildung 25 und Tabelle 6). Es liegen keine Beobachtungen für E-OBS für die relative Luftfeuchtigkeit vor. Im IMK-Ensemble gibt es einen Modelllauf (H_CCLM-7) der als Ausreißer nach unten auffällig wird (nicht gezeigt). Beim Leitplanken-Ensemble ist die Streuung sehr ungleichmäßig verteilt. Der Großteil der Modellläufe zeigt Werte um den Mittelwert herum. Zwei Modellläufe (Modell E3_RACMO2-25 und E3_REMO-25) allerdings liegen deutlich unterhalb des Mittelwertes und zwar bei ca. 75 und 77 % (nicht gezeigt). Dies sind die beiden einzigen Modellläufe mit den Regionalmodellen RACMO und REMO. Für die Berechnung von Klimakenngrößen, welche die Luftfeuchtigkeit berücksichtigen, ist deswegen eventuell ebenfalls mit Ausreißern zu rechnen. Für beide Ensembles ist zudem keine deutliche Veränderung in der Zukunft zu erkennen (Abbildung 24).

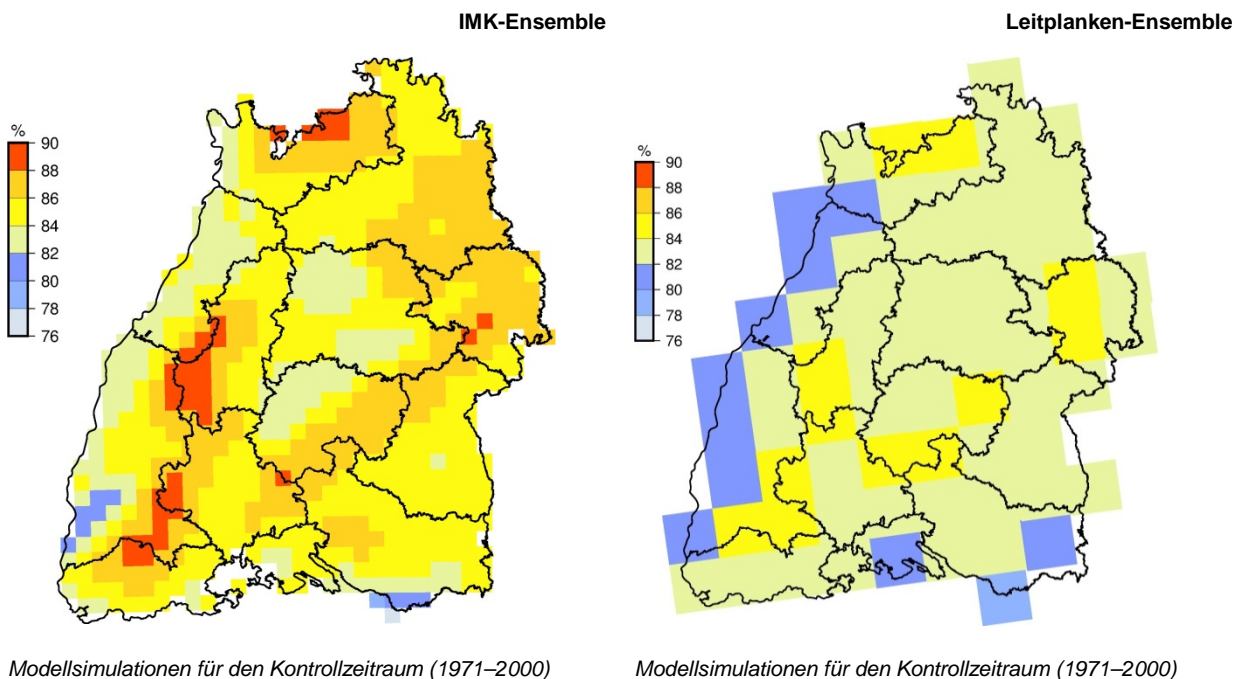
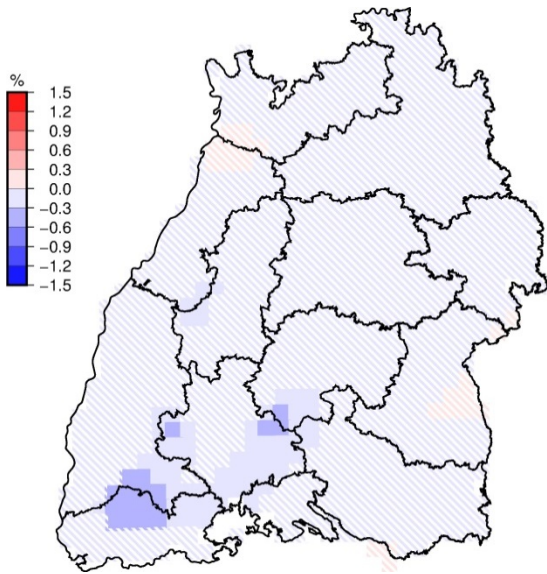


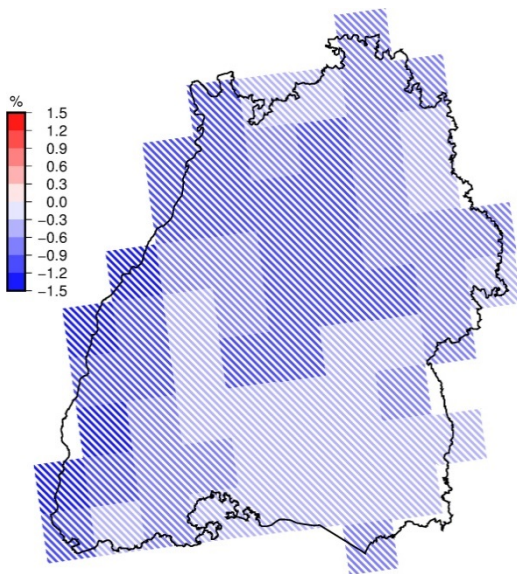
Abbildung 23: Jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit für den Kontrollzeitraum (1971-2000), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble. Für diese Größe liegen keine Beobachtungen vor.

IMK-Ensemble



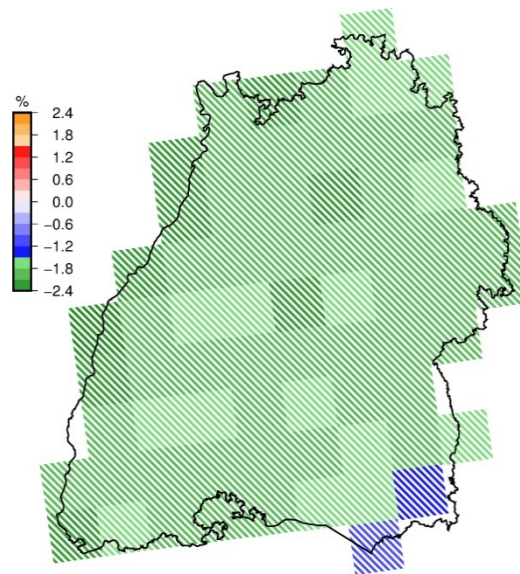
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 24: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren relativen Luftfeuchtigkeit für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

Tabelle 6: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	68.3	81.1	83.9	86.2	90.6
IMK-Ensemble	1971-2000	74.6	84.3	85.6	86.9	91.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	67.3	79.9	83.6	85.5	89.9
IMK-Ensemble	2021-2050	73.8	84.3	85.6	86.9	90.9
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	65.0	78.0	83.3	84.6	89.2

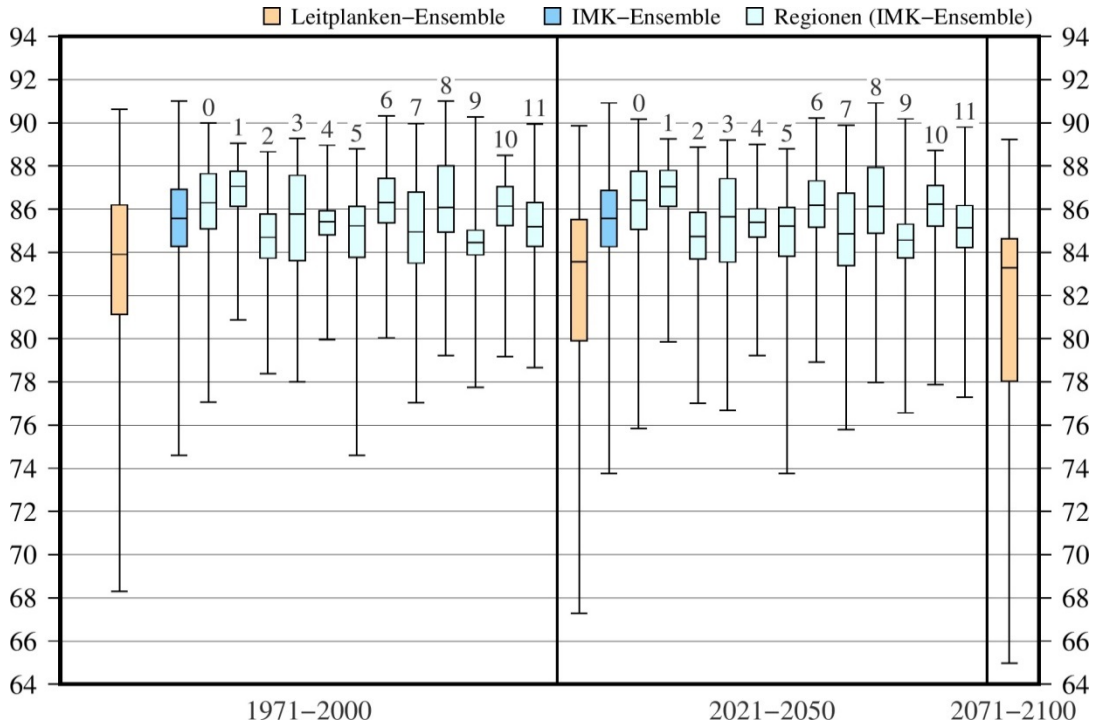
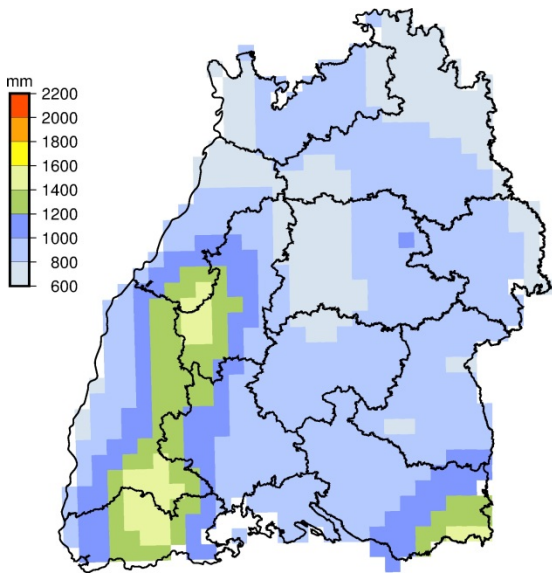


Abbildung 25: Jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).

Mittlere Jahresniederschlagssummen

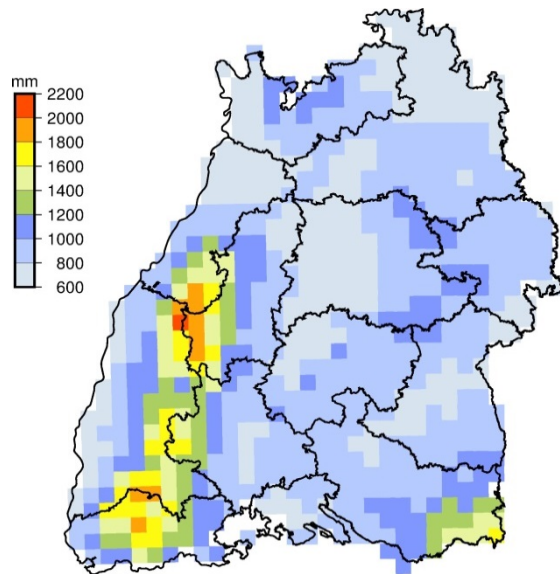
Für die mittleren Jahresniederschlagssummen weichen die Ensembles der regionalen Klimasimulationen deutlich voneinander ab. Die Beobachtungen (1971-2000) liegen über Baden-Württemberg zwischen 660 mm und 1480 bzw. 1580 mm, je nach Interpolation (Abbildung 26). Das IMK-Ensemble gibt die Beobachtungen, auch infolge der Bias-Korrektur, gut wieder. Das Leitplanken-Ensemble liegt deutlich darüber (Tabelle 7 und Abbildung 28). Die höhere räumliche Auflösung der Simulationen des IMK-Ensembles ist auch in den Niederschlagsfeldern sichtbar. In beiden Ensembles werden die höchsten Niederschlagsmengen im Schwarzwald wie beobachtet wiedergegeben, im IMK-Ensemble sind darüber hinaus aber noch mehr räumliche Strukturen wie die Schwäbische Alb und das Alpenvorland als Bereiche mit hohen Niederschlagssummen zu erkennen. Die Spannbreite zwischen den einzelnen Modellläufen im Leitplanken-Ensemble ist deutlich größer als im IMK-Ensemble. Für die nahe Zukunft gibt der Modelllauf des Leitplanken-Ensembles mit dem meisten Niederschlag mehr als 1,5 Mal so viel Niederschlag aus wie das Modell mit dem wenigsten Niederschlag. Ein direkter Vergleich der beiden Ensembles wird dadurch erschwert und auch die Auswertungen für auf Niederschlag basierende Klimakenngrößen sind möglicherweise mit Unsicherheiten behaftet. Der geringe Anstieg zwischen dem Kontrollzeitraum und nahen Zukunft ist in beiden Ensembles ähnlich (Abbildung 27).

Beobachtungen



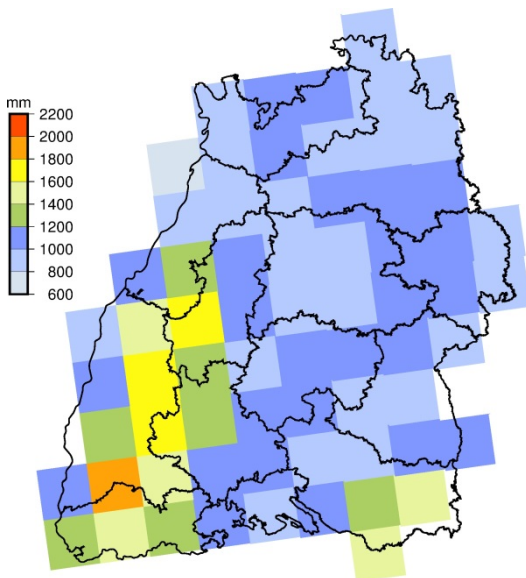
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Modellsimulationen für den Kontrollzeitraum (1971–2000)

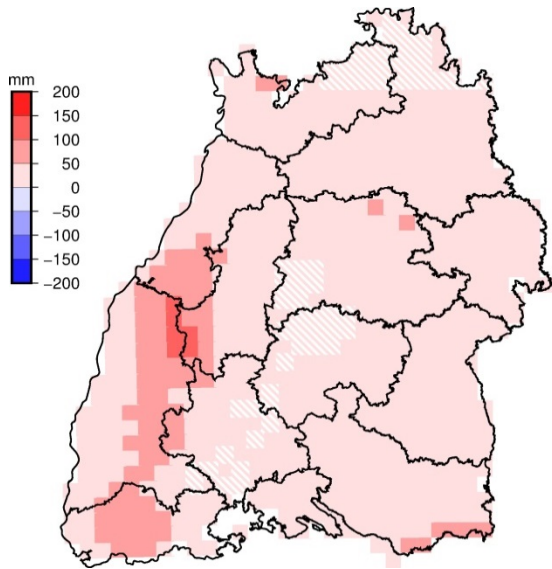
Leitplanken-Ensemble



Modellsimulationen für den Kontrollzeitraum (1971–2000)

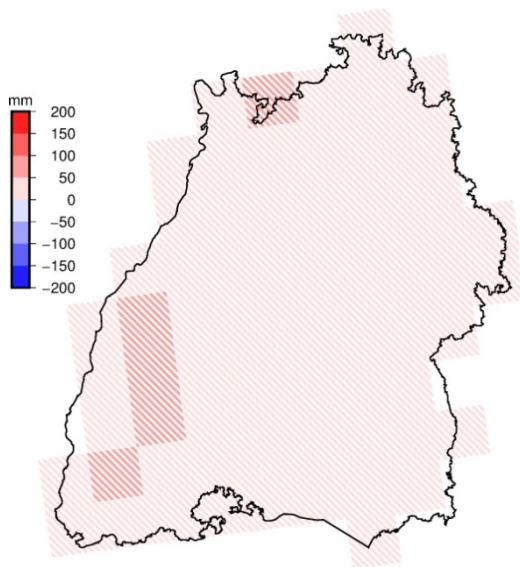
Abbildung 26: Mittlere Jahresniederschlagssummen für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

IMK-Ensemble



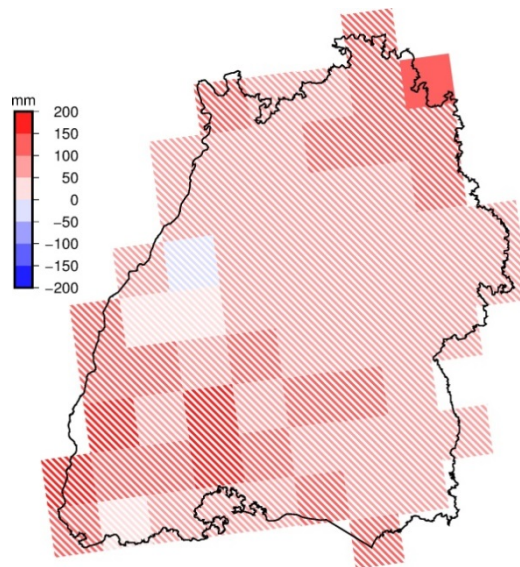
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 27: Berechnete Änderungen der mittleren Jahresniederschlagssummen für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.

Tabelle 7: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlere Jahresniederschlagssumme)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	662	825	870	982	1475
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	548	856	1023	1259	3639
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	663	819	879	1013	1597
IMK-Ensemble	1971-2000	623	792	877	1020	2030
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	582	889	1065	1293	3628
IMK-Ensemble	2021-2050	611	816	905	1056	2259
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	570	955	1123	1346	3692

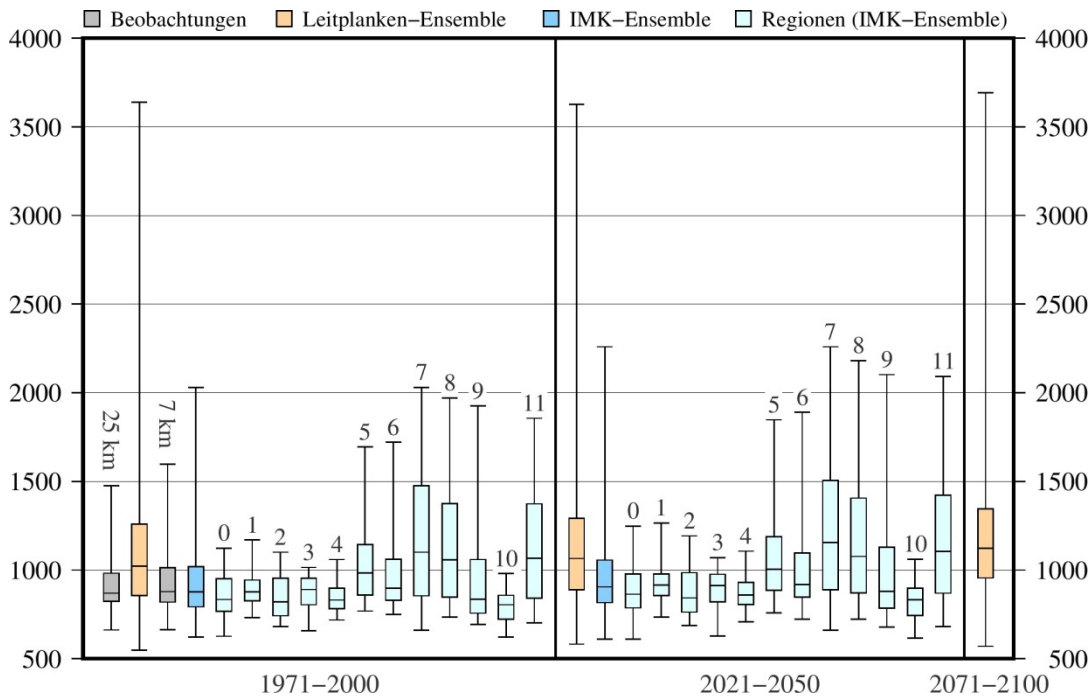


Abbildung 28: Mittlere Jahresniederschlagssumme als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).

Fazit

Der Vergleich zeigt bei den betrachteten Klimagrößen jährliche mittlere Tagesmitteltemperatur, Tageshöchsttemperatur, Tagestiefsttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit sowie Jahresniederschlagssumme im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung zwischen dem Leitplanken- und IMK-Ensemble. Unterschiede zwischen beiden Ensembles entstehen durch die unterschiedliche Auflösung und die zugrundeliegenden Antriebsmodelle sowie die Bias-Korrektur. Insgesamt ist die Streuung zwischen den Modellläufen im Leitplanken-Ensemble größer als für das IMK-Ensemble. Zwischen beiden Ensembles können bei einzelnen Klimagrößen teils deutliche Unterschiede bestehen.

Für 30-jährige Mittelwerte für Baden-Württemberg konnte gezeigt werden, dass das IMK-Ensemble eine gute Ergänzung zum Leitplanken-Ensemble darstellt. Weiterer Vorteil des IMK-Ensembles ist die zeitliche Auflösung von Stunden, welche für einige Klimagrößen von Bedeutung ist. Die höhere räumliche Auflösung ermöglicht zudem eine detaillierte räumliche Darstellung der Klimagrößen, was für die regionale Anpassung in Baden-Württemberg von großem Vorteil ist. Das Leitplanken-Ensemble ermöglicht dagegen die Auswertung von Klimagrößen für die ferne Zukunft (2071-2100).

Um die Vorteile beider Ensembles in den Auswertungen zu berücksichtigen, wurden für die Berechnung der Klimagrößen stets beide Ensembles verwendet und in den entsprechenden Abbildungen dargestellt. Sowohl das IMK-Ensemble als auch das Leitplanken-Ensemble decken dabei den Kontrollzeitraum (1971-2000) und die nahe Zukunft (2021-2050) ab. Für die ferne Zukunft (2071-2100) stützen sich die Auswertungen lediglich auf das Leitplanken-Ensemble.

4.3 KLIMAKENNGRÖßEN

Die aus den Expertengesprächen und der Befragung ermittelten Klimakenngrößen sind nach Handlungsfeld und Branche kategorisiert worden (Tabelle 8). Die im Projekt ermittelte Definition sowie die Auswertungen der Ensembles werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Tabelle 8: Aus Expertengesprächen und der Befragung ermittelte Klimakenngrößen mit Zuordnung nach genanntem Handlungsfeld und genannter Branche

Handlungsfeld Klimakenngröße	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft	Boden	Naturschutz und Biodiversität	Wasserhaushalt	Tourismus	Gesundheit	Stadt- und Raumplanung	Wirtschaft und Energiewirtschaft
Anzahl und Dauer von Frostperioden							Luftreinhaltung	Infrastruktur	
Anzahl und Dauer von Hitzeperioden		Landwirtschaft					Gesundheit	Städtebau, Bauleitplanung	
Anzahl und Dauer von Trockenperioden zwischen Mai und September		Landwirtschaft			Schifffahrt			Grünflächenplanung	
Durchschnittstemperatur März bis Juli		Getreideanbau							
erster Frosttag des Jahres								Straßenreinigung	Straßenreinigung
Frostangriff									Bauwesen
Frosttage	Baumfällarbeiten	Schädlingsbekämpfung	Bodenbearbeitung,						Winterdienst
Gradtagzahl									Energieversorgung
Günstige Bedingungen für die Auswaschung von Graspollen							Biometeorologie		
Günstige Wetterbedingung für die Kirschessigfliege		Obstbau							
Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau		Weinbau							
Günstige Wetterbedingungen für Eiswein		Weinbau							
Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau		Weinbau							
Günstige Wetterbedingungen für Verbreitung und Auswaschung von Birkenpollen							Biometeorologie		

Handlungsfeld									
Klimakenngröße	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft	Boden	Naturschutz und Biodiversität	Wasserhaushalt	Tourismus	Gesundheit	Stadt- und Raumplanung	Wirtschaft und Energiewirtschaft
Günstige Wetterbedingungen für Zecken							Gesundheit		
Heiße oder sehr kalte Tage									Straßenbau
Heiße Tage	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft					Biometeorologie	Städtebau, Bauleitplanung	
Heizgradtage									Energieversorgung
Hitze und Sonneneinstrahlung							Biometeorologie	Städtebau, Bauleitplanung	
Klimatische Wasserbilanz		Landwirtschaft			Wasserhaushalt				
Mittlerer Niederschlag in den Jahreszeiten					Wasserhaushalt			Grünflächenplanung	
Nasse Tage in Folge				Naturschutz					
Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August		Getreideanbau							
Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November		Maisanbau							
Niederschlagssumme in den Jahreszeiten (90. Perzentil)					Hochwasserschutz			Infrastruktur	Versicherungswirtschaft
Niederschlagssumme zwischen März und Mai								Grünflächenplanung	
Niederschlagstage in März und April	Aufforstungen								
Regenfreie Tage mit Höchsttemperaturen zwischen 20 und 25 °C						Radtourismus			
Relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 %									Bauwesen
Schneeeignisse	Forstverwaltung								Winterdienst,
Sehr heiße Tage							Arbeitsschutz		Straßenbau

Handlungsfeld									
Klimakenngröße	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft	Boden	Naturschutz und Biodiversität	Wasserhaushalt	Tourismus	Gesundheit	Stadt- und Raumplanung	Wirtschaft und Energiewirtschaft
Sehr heiße Tage oder Frosttage			Boden						
Sommer 2003	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft					Biometeorologie	Städtebau, Bauleitplanung	
Spätfröste		Obstbau						Grünflächenplanung	
Spazierwetter						Tourismus			
Stündlicher Niederschlag (Extreme)								Infrastruktur, Tiefbau	Versicherungswirtschaft
Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm bzw. > 40 mm								Infrastruktur, Tiefbau	Versicherungswirtschaft
Tage mit Schneebedeckung						Hotelgewerbe, Wintersporttourismus			
Regnerische Wintertage						Hotelgewerbe, Wintersporttourismus			
Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C	Waldarbeiten	Landwirtschaft		Naturschutz, Moorschutz					
Tage mit Wetterwechseln							Krankenhäuser		
Tiefste Temperatur in 30 Jahren									Energieversorgung
Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen	Forstverwaltung	Obstbau						Grünflächenplanung	
Trockenjahre	Forstverwaltung				Wasserhaushalt				
Tropennächte		Landwirtschaft					Biometeorologie		
Wetterbedingungen für "mittleren Winterdienst"									Winterdienst

Handlungsfeld									
	Wald und Forstwirtschaft	Landwirtschaft	Boden	Naturschutz und Biodiversität	Wasserhaushalt	Tourismus	Gesundheit	Stadt- und Raumplanung	Wirtschaft und Energiewirtschaft
Klimakenngröße									
Wetterbedingungen für "vollen Winterdienst"									Winterdienst
Windböen	Forstverwaltung								Energieversorgung, Infrastruktur, Versicherungswesen

Die nachfolgenden Kapitel sind stets ähnlich aufgebaut. Zuerst wird eine Definition der Klimakenngröße genannt, gefolgt von einer Beschreibung der Bedeutung der jeweiligen Klimakenngröße für die Handlungsfelder bzw. Branchen. Anschließend wird die Klimatologie der Klimakenngröße beschrieben. Die darauffolgenden Karten zeigen die räumliche Verteilung der Klimakenngröße im Kontrollzeitraum und Zukunft. Die Spannweite der Ensembles zeigt ein Box-Whisker-Plot und die dazugehörige Werte-Tabelle. Falls vorhanden, werden zum Abschluss Karten mit der Sensitivitätsampel gezeigt. Bei letzteren Karten wurde auf eine Angabe einer Farbskala verzichtet. Da der Aufbau jedes Kapitels gleich ist, wurde auf Querverweise auf die jeweiligen Grafiken verzichtet.

Definition

Dauer der Frostperioden: durchschnittliche Anzahl Frosttage (Tagestiefsttemperatur ≤ 0 °C) innerhalb einer Frostperiode

Anzahl der Frostperioden: Anzahl der Perioden pro Jahr, in denen ein Frosttag oder mehrere Frosttage in Folge auftreten

Stadt- und Raumplanung (Infrastruktur)

Winterliche Kälteperioden, vor allem, wenn sie mit Schneeeignissen zusammentreffen, können Schäden an der Infrastruktur hervorrufen oder die logistische Infrastruktur überfordern (vgl. auch Klimakenngröße „Schneeeignisse“ → Kapitel 4.3.30).

Gesundheit (Luftreinhaltung)

Kälteperioden treten häufig bei austauscharmen Wetterlagen auf. Bei diesen können in Städten erhöhte Schadstoffbelastungen auftreten, beispielsweise durch Feinstaub. Bei starken Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte, etwa für PM10 und Stickstoffdioxide, werden in Städten Maßnahmen notwendig. Ein Beispiel ist der Feinstaubalarm in Stuttgart, der im Januar 2016 erstmals ausgelöst wurde (<http://www.stuttgart.de/feinstaubalarm/>, Zugriff: 27.1.2016).

Klimatologie

Die Zahl und Dauer von Frostperioden unterscheidet sich erwartungsgemäß deutlich innerhalb Baden-Württembergs. Die längste durchschnittliche Dauer von Frostperioden tritt im Kontrollzeitraum (1971-2000) im Schwarzwald, auf der Schwäbischen Alb und im Allgäu mit durchschnittlichen Dauern von sechs bis sieben Tagen auf. Die kürzesten Dauern hingegen treten mit drei bis fünf Tagen entlang des Rheins sowie in den Regionen Neckar-Alb, Heilbronn-Franken und Stuttgart auf. Auch die Anzahl der Frostperioden unterscheidet sich. Während die meisten Frostperioden pro Jahr in den Regionen Neckar-Alb auftreten (ca. 19-22), sind es die wenigsten in den Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer und Südlicher Oberrhein sowie Hochrhein-Bodensee (ca. 13-17 Tage). Die Unterschiede haben zwei Gründe: In höheren Lagen treten weniger, dafür längere Frostperioden auf, während in tieferen Lagen eine mittlere Zahl von Frostperioden, aber mit weniger Tagen pro Periode auftreten (für die absolute Anzahl der Frosttage pro Jahr vgl. auch Klimakenngröße „Frosttage“ → Kapitel 4.3.7).

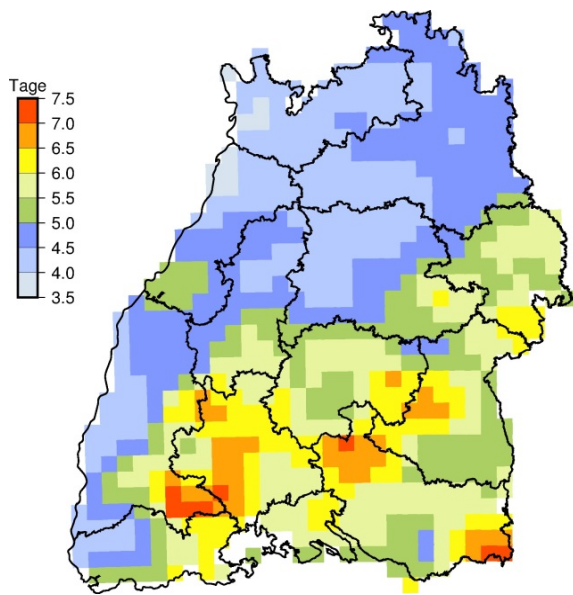
Für die Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) wird in ganz Baden-Württemberg eine Abnahme sowohl in der Anzahl als auch bei der Dauer von Frostperioden erwartet. Eine statistisch signifikante Abnahme in der durchschnittlichen Dauer von Frostperioden (um etwa 0,5 bis 1,5 Tagen) wird in allen Regionen außer entlang des Rheins erwartet, mit den stärksten Abnahmen im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb. Die Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles für die nahe Zukunft (2021-2050) zeigen ähnliche Abnahmen bei der Frostperiodendauer, wenngleich räumlich nicht so stark differenziert. Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden Abnahmen in der Osthälfte Baden-Württembergs um 1,2 bis 1,6 Tage für die Frostperiodendauer und in der Westhälfte um 1,6 bis 2,4 Tage erwartet.

Außerdem werden die stärksten, statistisch signifikanten Abnahmen (um bis zu vier pro Jahr) in der Zahl der Frostperioden entlang des Rheins sowie im nördlichen Baden-Württemberg erwartet, während die Ergebnisse im Südwesten statistisch nicht signifikant sind (2021-2050, IMK-Ensemble). Die Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles zeigen keine statistisch signifikanten Änderungen. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden Abnahmen in der Zahl der Frostperioden um vier bis sechs in der Nordwesthälfte Baden-Württembergs erwartet.

Zu beachten bleibt insgesamt die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

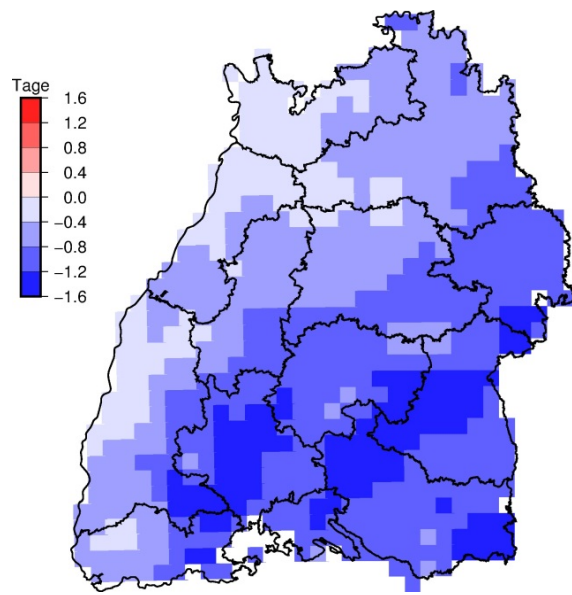
Dauer der Frostperioden

Beobachtungen



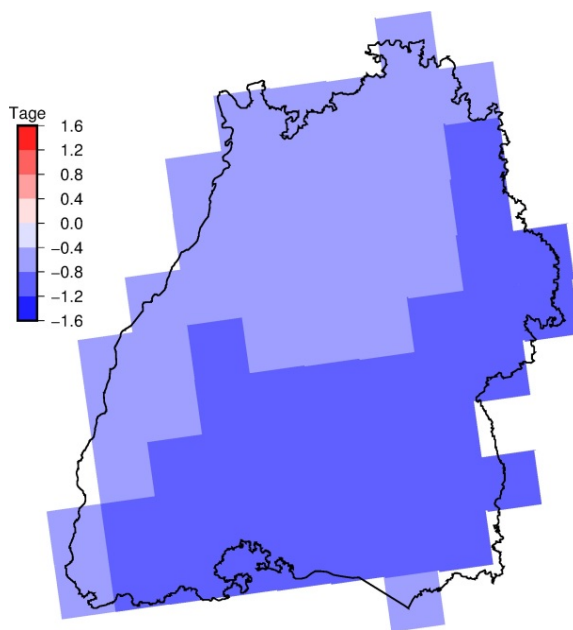
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



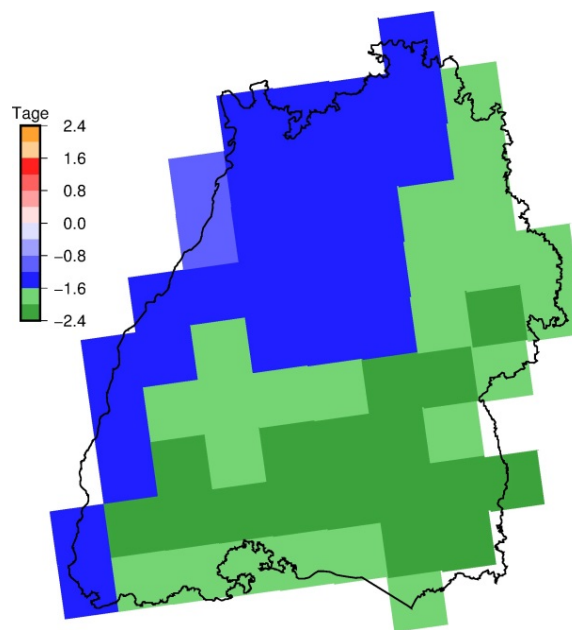
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

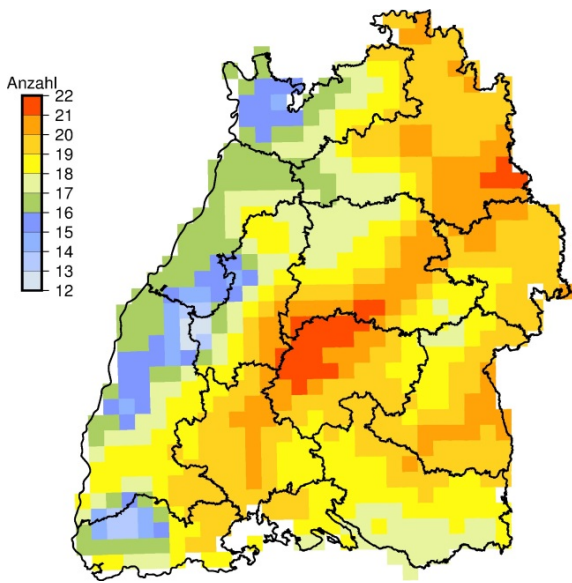


Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 29: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Frostperioden“

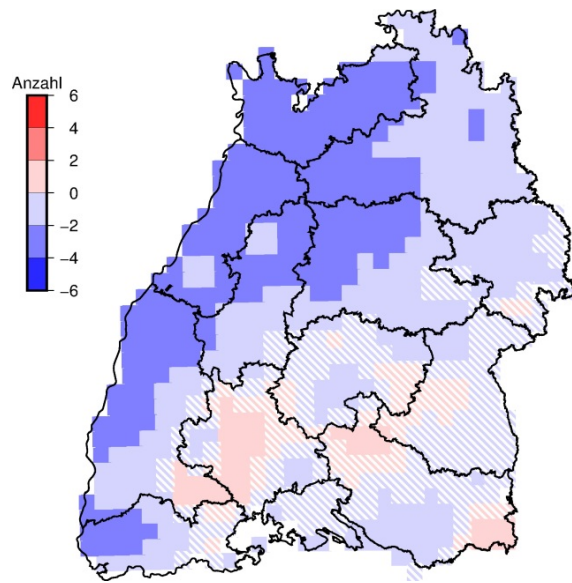
Anzahl der Frostperioden

Beobachtungen



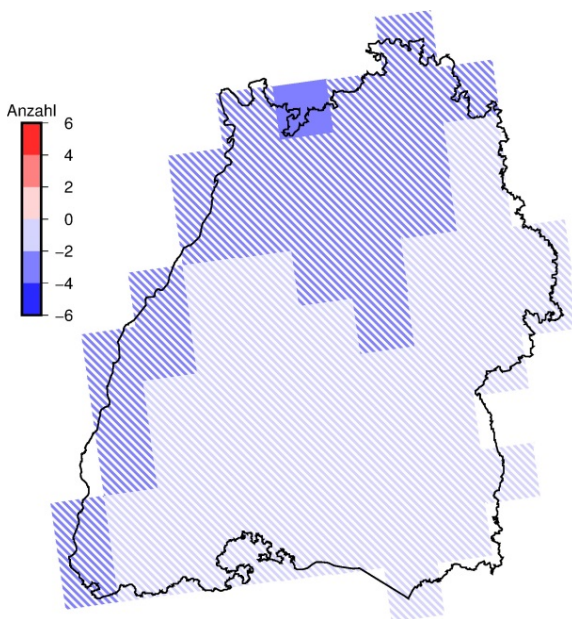
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



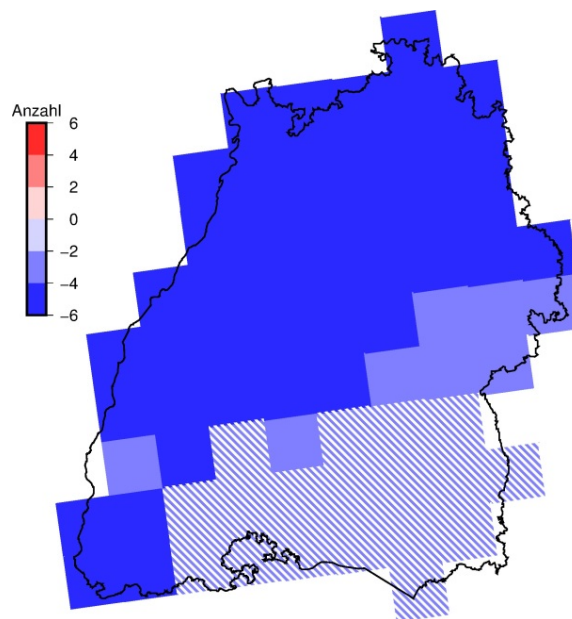
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 30: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Frostperioden“

Dauer der Forstperioden

Tabelle 9: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Frostperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	4.0	4.5	5.0	5.7	7.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	3.4	4.7	5.2	5.9	10.2
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	3.8	4.5	5.2	5.7	7.4
IMK-Ensemble	1971-2000	4.1	5.2	6.1	6.9	9.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	3.3	4.1	4.5	4.8	8.4
IMK-Ensemble	2021-2050	3.7	4.7	5.2	5.8	7.7
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	2.7	3.3	3.6	3.9	6.2

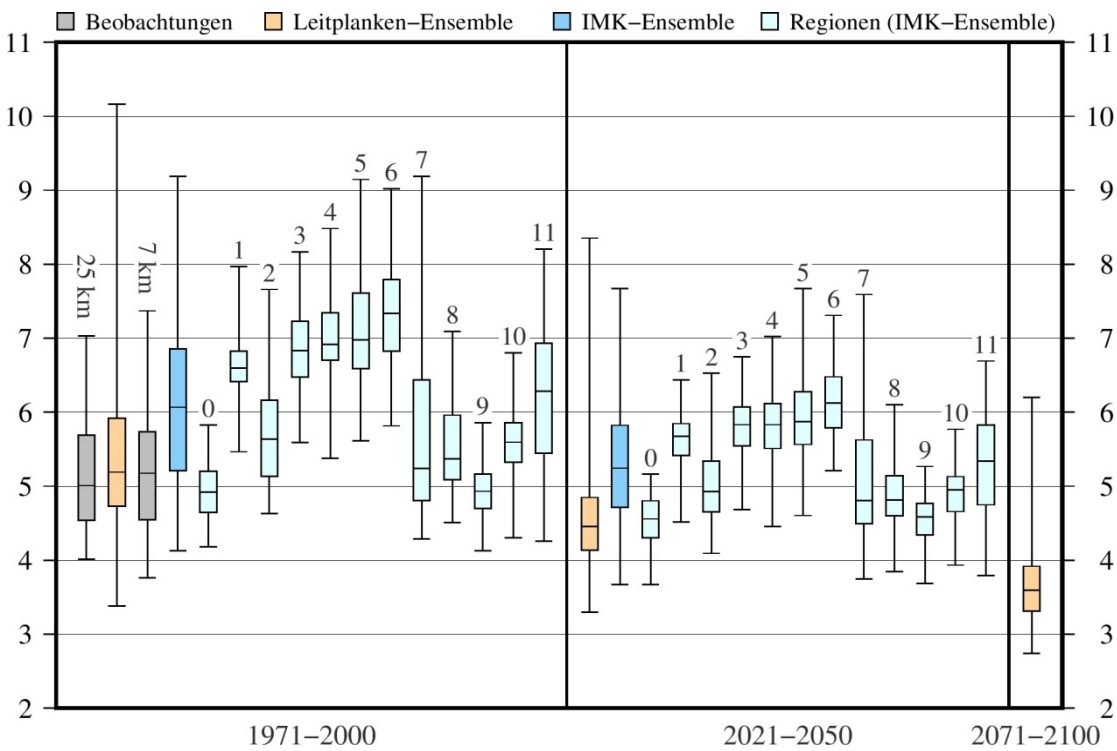


Abbildung 31: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Frostperioden).

Anzahl der Frostperioden

Tabelle 10: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Frostperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	14.3	17.6	18.7	19.6	21.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	4.1	12.3	14.7	18.0	32.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	12.6	17.7	18.8	19.6	21.7
IMK-Ensemble	1971-2000	9.8	15.1	16.0	16.8	19.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	2.8	10.5	13.0	16.4	30.2
IMK-Ensemble	2021-2050	6.2	13.2	15.0	16.2	18.9
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	1.0	7.8	10.1	14.3	28.8

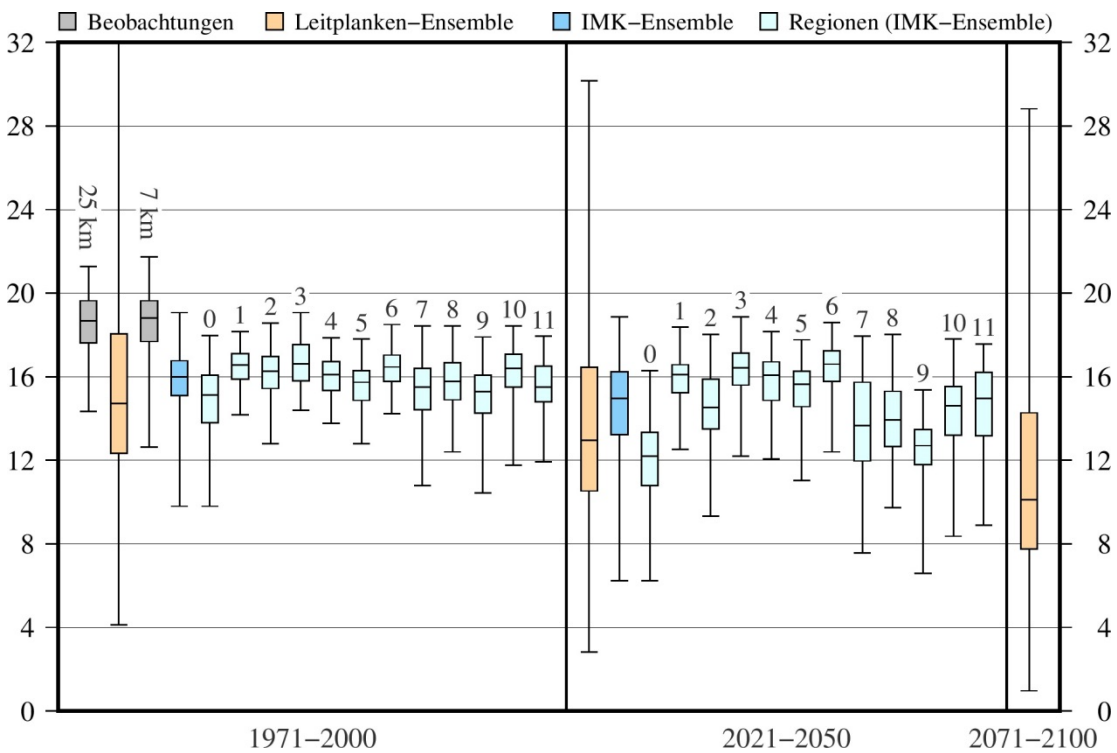


Abbildung 32: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Frostperioden).

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Kanton Basel-Stadt	gelb	-20 %	Keine Angabe	s. unten

„Die Reduktion von 1-2 Frostperioden, respektive die Reduktion um rund 0,4 Frosttage, wirken sich positiv auf die Luftqualität aus. Der Vergleich der Jahre 2007 (regnerischer, wärmerer Winter) und 2006 (kalter Winter) zeigten einen Rückgang der NO_x Belastung von 10-30 %, respektive ein Rückgang von 50 % beim PM10. Frosttage haben jedoch nur indirekt einen Einfluss auf die Luftqualität (durch Inversionswetterlagen). Maßgebend ist wohl eher die Häufigkeit von Frontdurchgängen. In diesem Sinne kann nicht eindeutig die Wirkung der Änderung der Frostperioden auf die Luftqualität zugeordnet werden.“ (Experteneinschätzung)

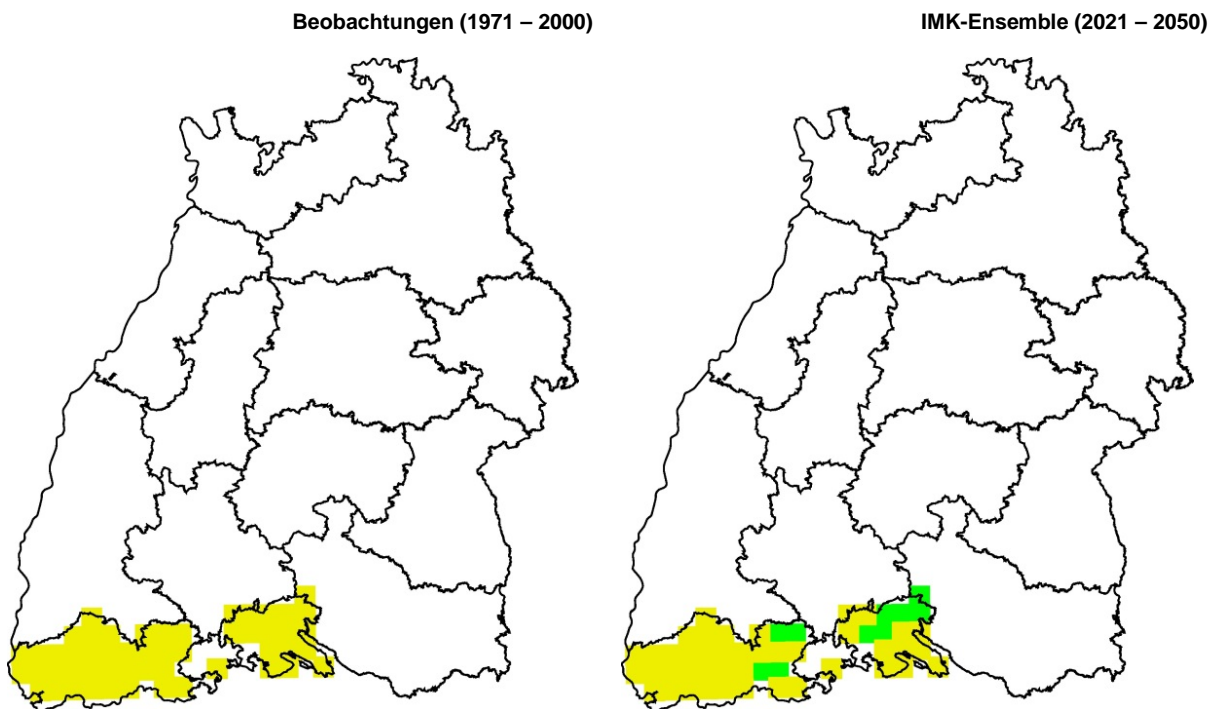


Abbildung 33: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Dauer der Frostperioden“

Definition

Dauer der Hitzeperioden: durchschnittliche Anzahl heißer Tage (Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C) innerhalb einer Hitzeperiode

Anzahl der Hitzeperioden: Anzahl der Perioden pro Jahr, in denen ein heißer Tag oder mehrere heiße Tage in Folge auftreten

Stadt- und Raumplanung (Städtebau, Bauleitplanung), Gesundheit

Hitzeprobleme und deren Folgen für die menschliche Gesundheit verstärken sich durch die Folgen des Klimawandels und gesellschaftliche Entwicklungen, wie etwa den demografischen Wandel. Daher ist die Klimaanpassung in der Stadtplanung künftig noch stärker zu berücksichtigen, insbesondere bei der Standortplanung von vulnerablen Nutzungen, wie z.B. von Altenwohnheimen. Im Bebauungsplan festgesetzte und weitere Maßnahmen (z. B. Dämmung etc.) zur Klimaanpassung kommen im Rahmen der Planung und Errichtung des jeweiligen Bauvorhabens zur Umsetzung. Insofern ist es wichtig, dass bereits auf der Ebene der städtebaulichen Planung und der Bauleitplanung die richtigen Voraussetzungen geschaffen werden, damit jedes einzelne Bauvorhaben seinen Beitrag zu einer klimaangepassten städtebaulichen Entwicklung leisten kann. Um eine möglichst geringe Verschlechterung der Wärmesituation zu erzielen, sind insbesondere Festsetzungen zu einer angemessenen Bebauungsdichte und Ausrichtung der Gebäude zu treffen und Neubauvorhaben mit einer entsprechenden Dämmung und Wärmeregulierung auszustatten. Auch mögliche Zielkonflikte zu Klimaschutzbestrebungen, die teilweise durch höhere Energiekosten durch Belüftung und Klimatisierung von Gebäuden entstehen, müssen bei der Planung berücksichtigt werden.

In Karlsruhe war die Hitzewelle 2003 Anlass für eine erste Strategie zum Klimawandel, die 2008 veröffentlicht wurde. Die Hitzewelle war Anlass, sich in die Hintergründe zum Klimawandel in Karlsruhe einzuarbeiten, eine erste Arbeitsgruppe wurde gebildet.

Die Stadt Stuttgart versucht, das Hitzethema über Maßnahmen zu kommunizieren und so die Bevölkerung zu sensibilisieren. Beispielsweise ist die Stadtbahn klimatisiert. Krankenhäuser und Altenheime können oft nicht im Ganzen klimatisiert werden, aber einzelne Gemeinschaftsräume oder Aufenthaltsbereiche schon. So werden für die Bevölkerung „Abkühlungszonen“ geschaffen und gesundheitliche Beeinträchtigungen verringert.

Aus der im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Befragung unter Kommunen ging hervor, dass das Thema Hitze ein wichtiger Bestandteil in einer Vielzahl an kommunalen Vorhaben in Baden-Württemberg ist. Ein beispielhaftes Zitat aus der Befragung unter Kommunen: „Grundsätzlich: länger dauernde Hitzeschwüle-Phasen über 30 oder 31 °C und über jeweils mehr als drei Tage sind nicht erträglich im (Innen-) Stadtraum“.

Landwirtschaft

Hitzeperioden können im Bereich Landwirtschaft die Erträge mindern. Bei Perioden mit Lufttemperaturen über 30 °C kann es – vor allem in Verbindung mit Trockenheit – beispielsweise bei Getreide zu so genannter Notreife kommen. Dann reifen die Körner schneller als bei moderateren Temperaturen, wodurch die Körner kleiner bleiben und einen geringeren Ertrag bringen („Verkürzung der Kornfüllungsphase“).

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) wurden in den meisten Teilen Baden-Württembergs ein bis drei Hitzeperioden pro Jahr beobachtet. Entlang des Rheins und in der Region Rhein-Neckar sind es hingegen bis zu 7. Dabei beträgt die durchschnittliche Anzahl der aufeinanderfolgenden heißen Tage etwa 2 in den Regionen mit durchschnittlich mehr Hitzeperioden und zwischen 1, 4 und 2 Tagen in den Regionen mit weniger Hitzeperioden. Die Klimamodelle überschätzen die Anzahl und Dauer von Hitzeperioden leicht.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble; Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles statistisch nicht signifikant) wird aus den Klimamodellen eine Zunahme in der Anzahl von Hitzeperioden um eine bis drei Perioden pro Jahr erwartet. Gleichzeitig wird eine Verlängerung der durchschnittlichen Hitzeperiode um 0,2 bis 0,4 Tage pro Jahr erwartet. Somit könnten in Zukunft sowohl mehr als auch längere Hitzeperioden pro Jahr auftreten. In der fernen Zukunft (2071-2100) wird eine weitere Zunahme der Zahl (bis zu 6 mehr Hitzeperioden gegenüber dem Kontrollzeitraum) und der Dauer (bis zu 1,6 Tage länger gegenüber dem Kontrollzeitraum) erwartet.

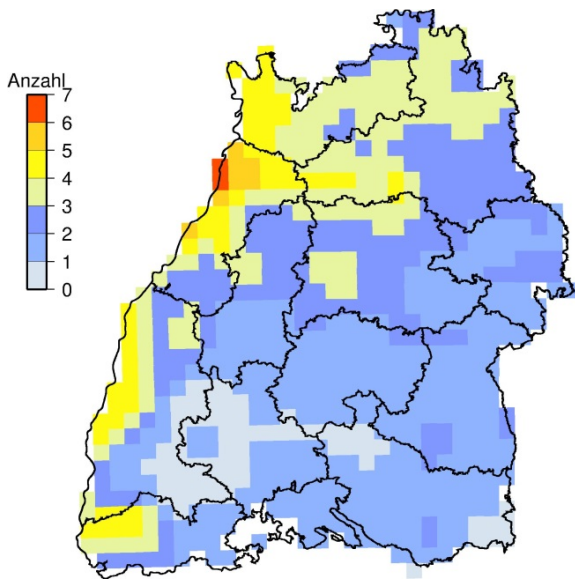
Da bei Hitzeperioden die Dauer der einzelnen Hitzeperiode auch wichtig ist, wurden außerdem Hitzeperioden berücksichtigt, entweder die 1 bis 4 Tage, 5 bis 13 Tage und über 14 Tage andauern. Um die Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten, zeigen die zugehörigen Karten jeweils die durchschnittliche Anzahl der Tage pro Jahr, die in einer entsprechenden Periode auftreten.

In Hitzeperioden von 1 bis 4 Tagen Dauer fielen im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich zwischen 2 und 6 Tage, entlang des Rheins in der Region mittlerer Oberrhein bis zu 12 Tage pro Jahr. Durchschnittlich null bis zwei Tage pro Jahr lagen in Perioden mit 5 bis 13 Tagen in Folge, das heißt, ein solches Ereignis tritt in Baden-Württemberg nicht jedes Jahr auf, sondern nur alle paar Jahre. Gleiches gilt für die Zahl der Tage in einer Periode über 14 Tagen, die in Baden-Württemberg höchstens bei 0,6 Tagen pro Jahr liegt, das heißt, eine solch lange Periode trat im Kontrollzeitraum in den 30 Jahren nur einmal auf. Für die alle Anzahlen der Tage in Perioden unterschiedlicher Dauer wird erwartet, dass in naher Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble; Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles statistisch nicht signifikant) mehr Tage in allen Perioden auftreten werden. In der fernen Zukunft (2071-2100) wird eine Verstärkung dieses Trends erwartet, mit 5 bis 8 Tagen mehr gegenüber dem Kontrollzeitraum in Perioden von 1 bis 4 sowie Perioden mit 5 bis 13 aufeinanderfolgenden heißen Tagen sowie 2 bis 12 Tagen mehr in Perioden ab 14 aufeinanderfolgenden heißen Tagen.

Zu beachten bleibt insgesamt die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

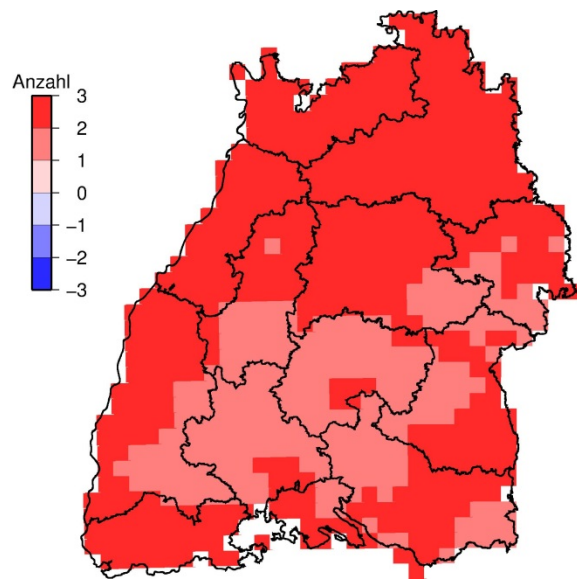
Anzahl der Hitzeperioden

Beobachtungen



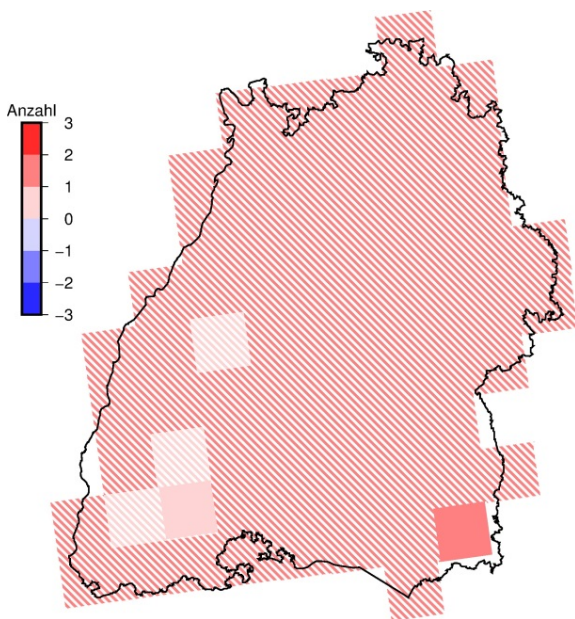
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



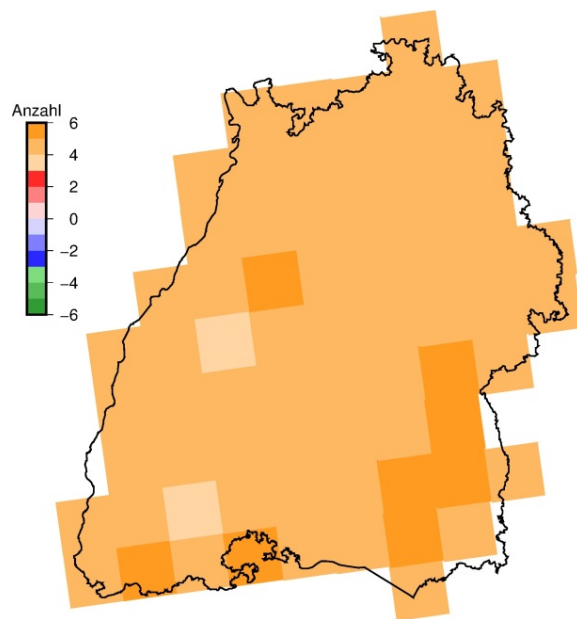
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 34: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Hitzeperioden“

Dauer der Hitzeperioden

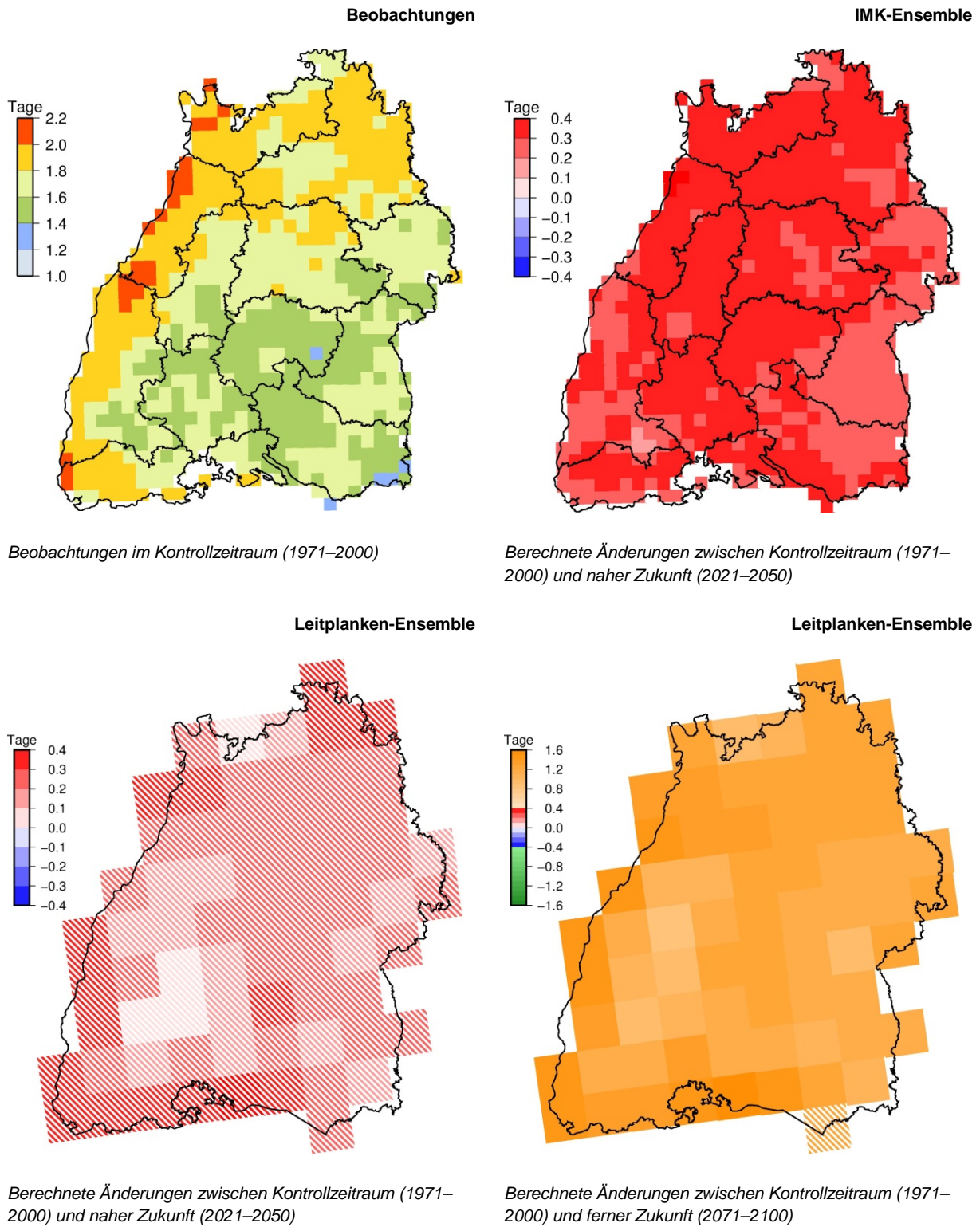


Abbildung 35: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Hitzeperioden“

Anzahl der Hitzeperioden

Tabelle 11: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Hitzeperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.5	1.5	1.9	3.1	5.1
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.7	1.8	4.3	11.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.4	1.5	2.0	3.0	6.2
IMK-Ensemble	1971-2000	0.2	2.4	3.1	4.2	7.7
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	1.6	3.1	6.5	13.0
IMK-Ensemble	2021-2050	1.3	4.2	5.4	6.5	11.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	5.0	8.0	10.8	15.7

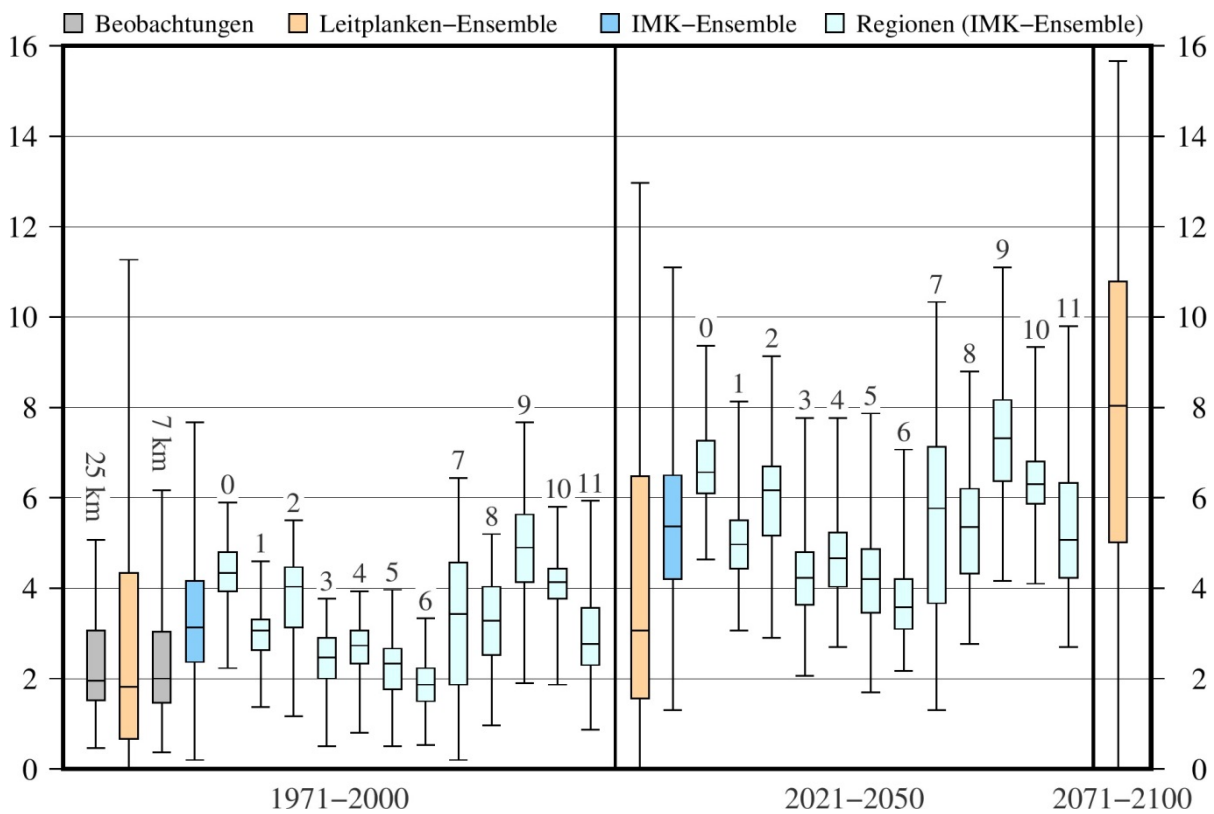


Abbildung 36: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Hitzeperioden).

Dauer der Hitzeperioden

Tabelle 12: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Hitzeperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	1.6	1.8	2.5	4.4
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	1.3	1.6	1.7	1.8	2.2
IMK-Ensemble	1971-2000	1.3	1.7	1.8	1.9	2.7
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	1.7	1.9	3.0	5.8
IMK-Ensemble	2021-2050	1.6	1.9	2.0	2.2	3.9
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	2.2	2.9	4.3	8.2

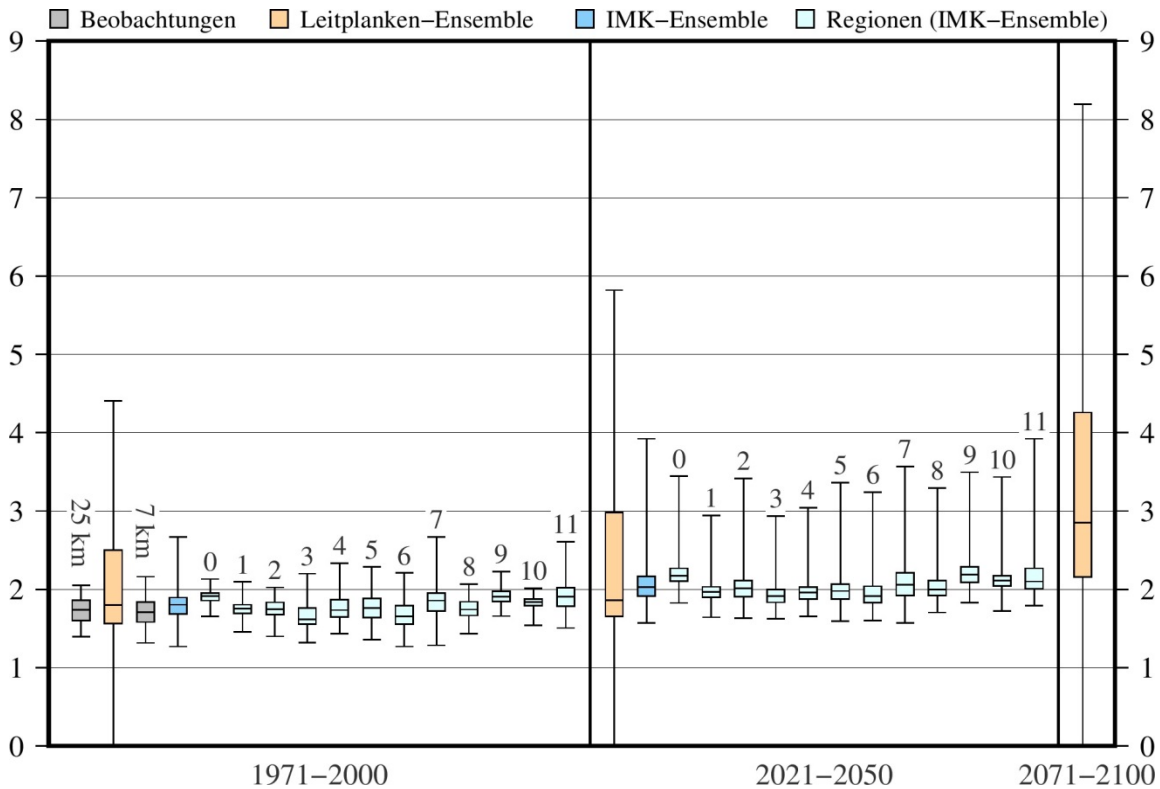
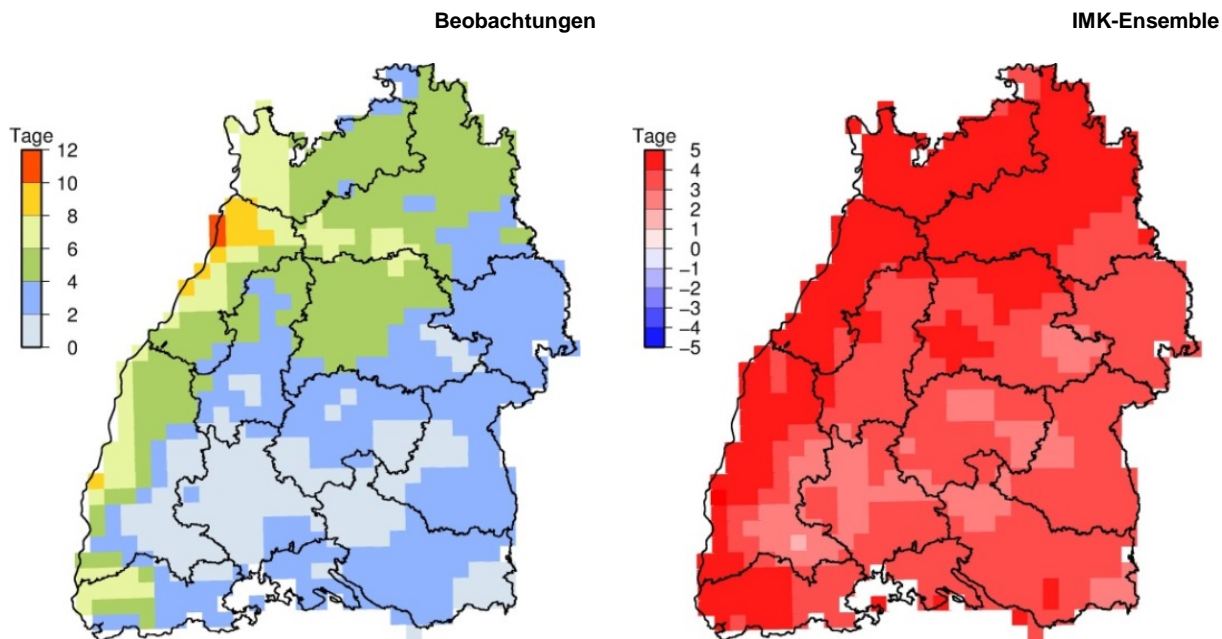


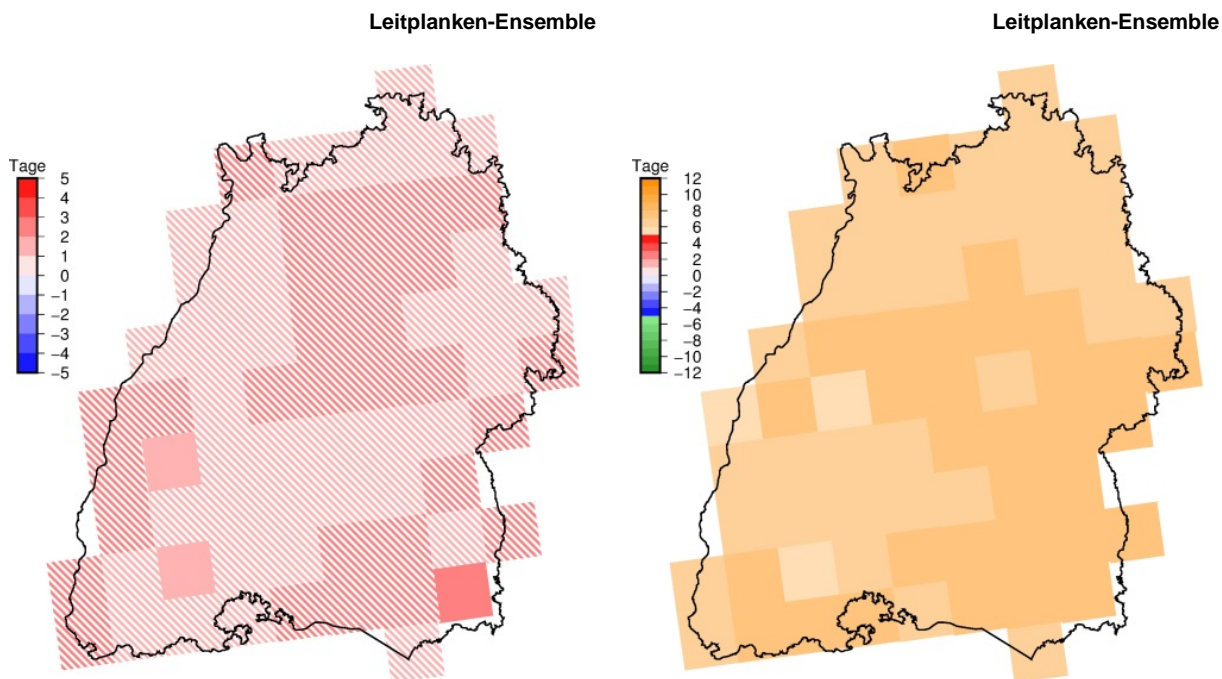
Abbildung 37: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Hitzeperiodendauer).

Heiße Tage in einer Periode von 1 bis 4 Tagen in Folge



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 38: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode von 1 bis 4 Tagen in Folge“

Heiße Tage in einer Periode von 5 bis 13 Tagen in Folge

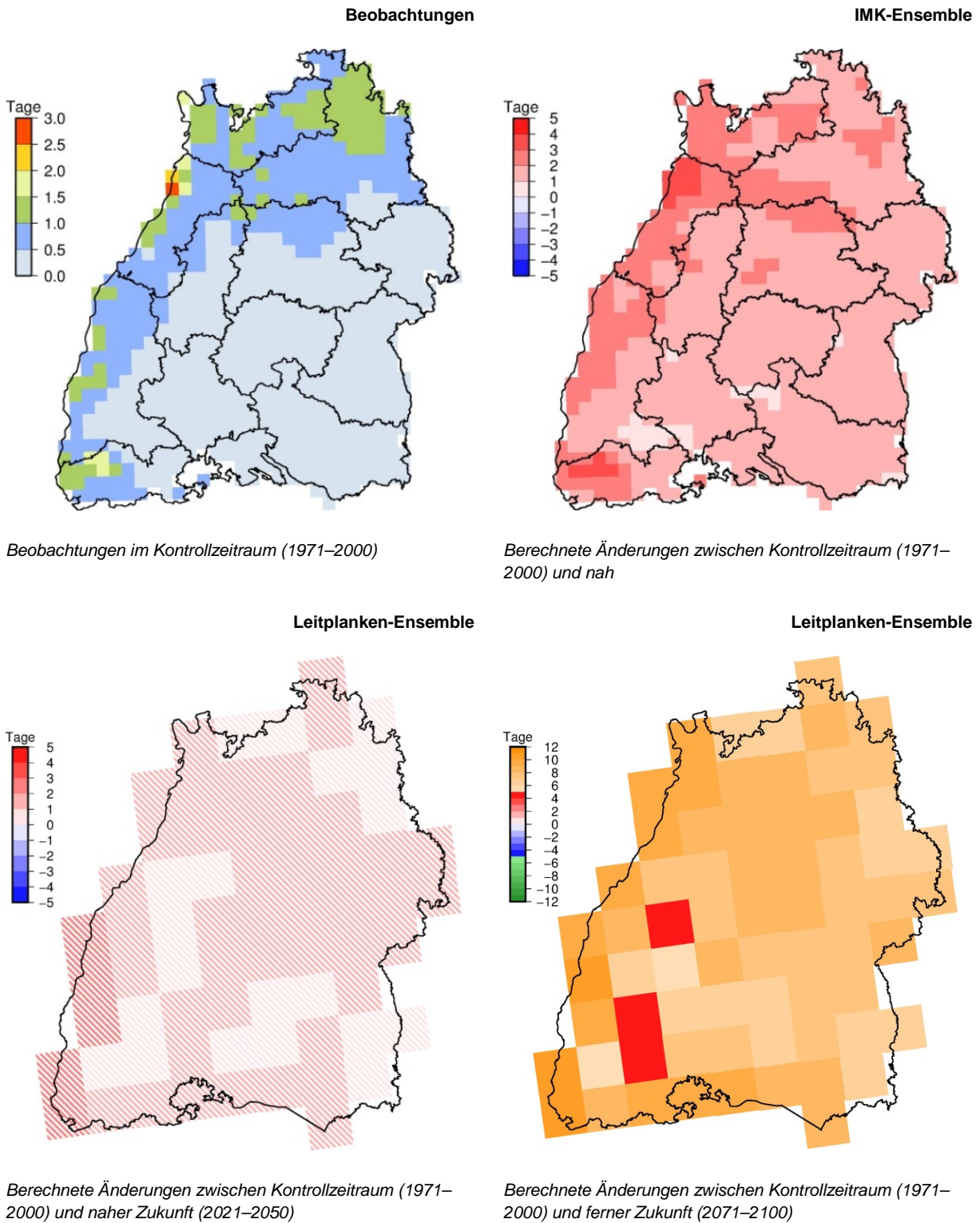
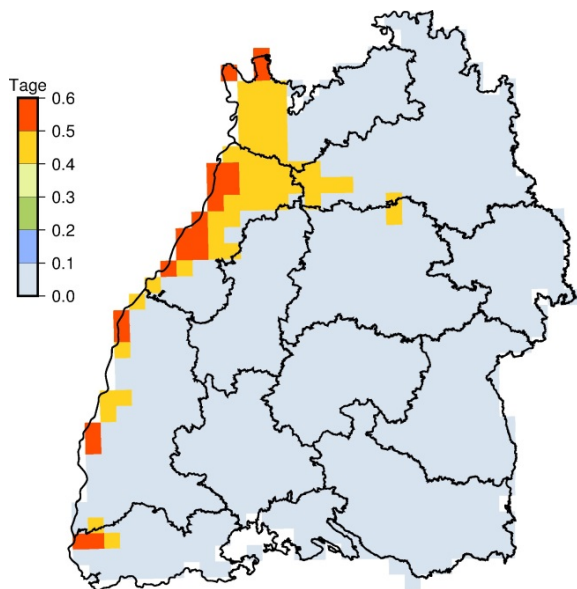


Abbildung 39: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode von 5 bis 13 Tagen in Folge“

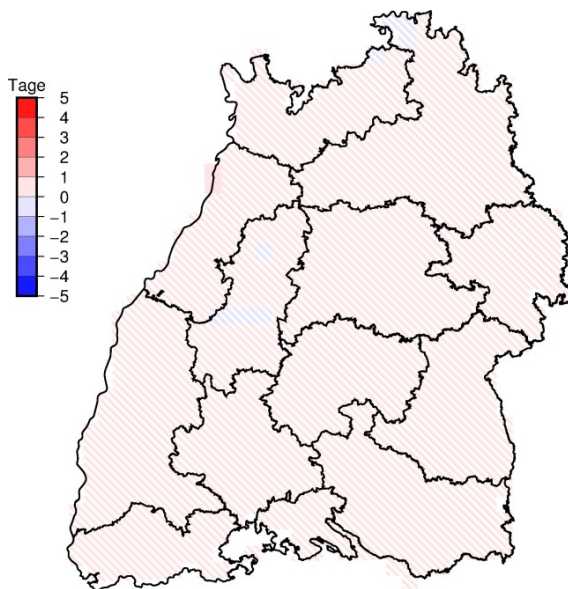
Heiße Tage in einer Periode ab 14 Tagen in Folge

Beobachtungen



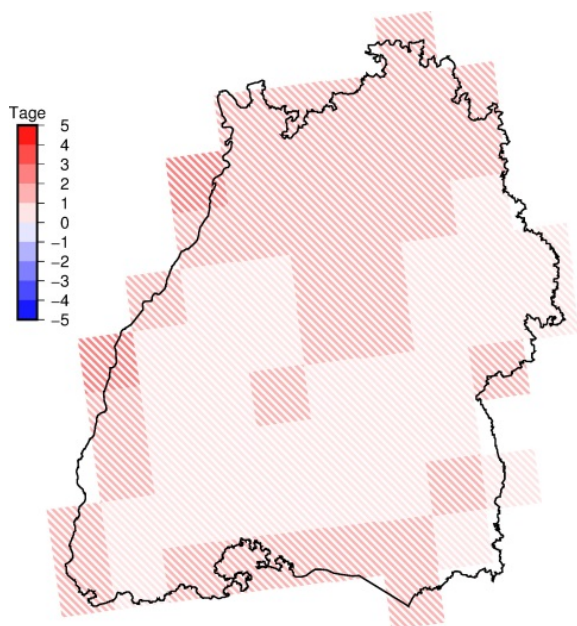
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



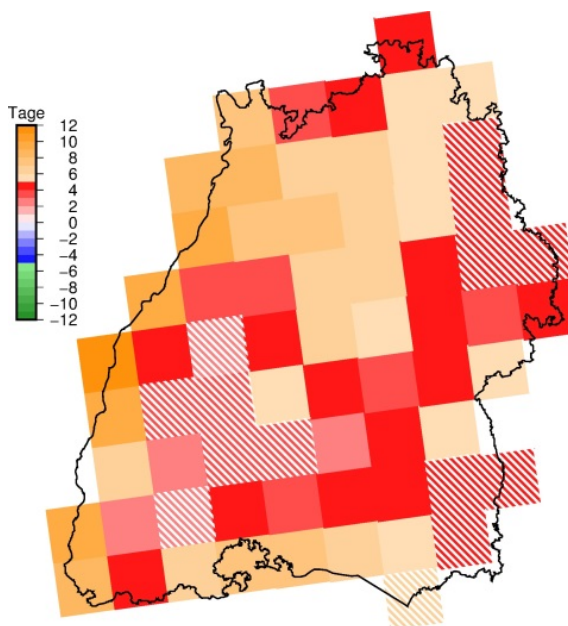
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nah

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

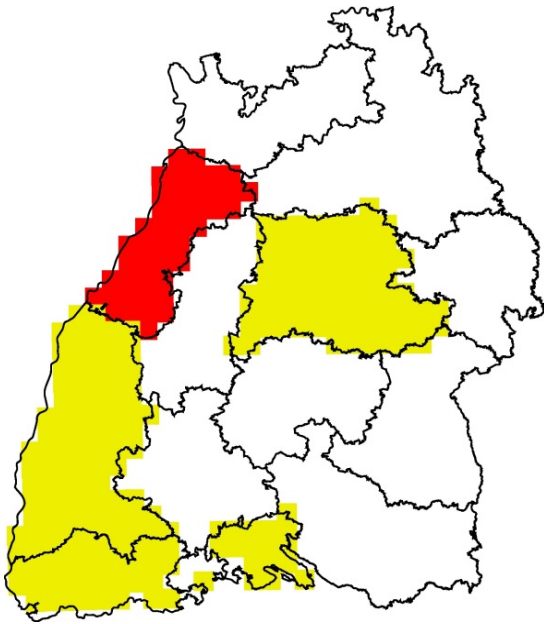
Abbildung 40: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode ab 14 Tagen in Folge“

Sensitivitätsampel

Anzahl der Hitzeperioden (Stadt- und Raumplanung, Gesundheit)

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Kanton Basel-Stadt	gelb	Keine Angabe	+70 %	„Meteo Schweiz geht von einer deutlich höheren Zunahme der Hitzewellen aus. 70% bis 160% Zunahme an Warm Spell Duration Index gemäss Klimaszenarien CH2011“ (Experteneinschätzung)
Mittlerer Oberrhein	rot	Halb so viele	Ein Viertel so viele	„Es besteht bereits ein starker Anpassungsbedarf; die Stadt setzt sich mit diesem Thema entsprechend intensiv und ämterübergreifend auseinander und versucht das maximale an Maßnahmen umzusetzen; insbesondere städtebauliche, aber auch Maßnahmen zur Sensibilisierung/Information der Bürger/innen sind zu nennen.“ (Experteneinschätzung)
Region Stuttgart	gelb	Keine Angabe	+20 %	„Bei einer Änderung nach ‚rot‘: Sicherung der Frischluftzufuhr von innerstädtischen Hanglagen/Talräumen in die Innenstadt, Schaffung von ‚blauen‘ und ‚grünen‘ Flächen als ‚Coolspots‘.“ (Experteneinschätzung)
Südlicher Oberrhein	gelb	Halb so viele	50 % mehr	„Gefahr von Trockenfallen der Dreisam (FFH-Gewässer), Waldbrandgefahr, gesundheitliche Gefahren für die Bevölkerung“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen (1971 – 2000)



IMK-Ensemble (2021 – 2050)

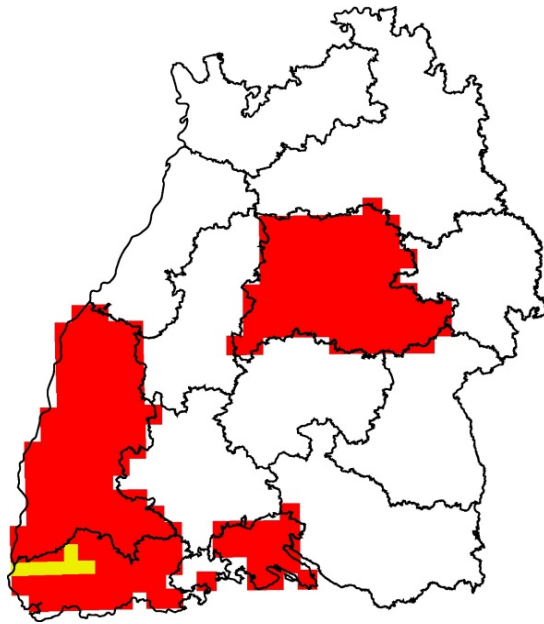


Abbildung 41: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Anzahl der Hitzeperioden“

Anzahl der Hitzeperioden (Landwirtschaft)

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
s. 1)	„Grün in Normaljahren“ „Gelb in Extremjahren wie 2003 oder 2015“	Absolute Zahl: 10 „Nach unseren statistischen Analysen wirkten sich bisher mehr als 5 konsekutive Hitzetage vor allem auf Silomais negativ aus, auf Getreide nur im wärmsten Landkreis von B-W, Karlsruhe.“	„Mehr als 10 konsekutive Hitzetage zeigten fast dieselben Ergebnisse, nur noch stärker (Steigung Regressionsgerade), für Karlsruhe kamen ein paar Kulturen dazu.“	s. 2)

1) „Da es sich um geschätzte (durchschnittliche) physiologische Grenzen handelt, gestützt durch die Analyse der Erträge in Extremjahren, sollten die Grenzen für alle Regionen gelten. Sie werden jedoch unterschiedlich schnell erreicht und gelten auch nicht für alle Kulturen gleichermaßen. Hinzu kommt die erwähnte unterschiedliche Empfindlichkeit je nach Entwicklungsphase. Die Anzahl der heißen Tage im Jahr spiegelt die Wahrscheinlichkeit, dass eine kritische Anzahl an heißen Tagen auch in diesen Phasen auftritt. Ob die Anzahl an Hitzeperioden relevant sein wird, ist schwer zu sagen. Laut Definition zählt bereits 1 heißer Tag als „Hitzeperiode“. Nach unseren Ergebnissen werden einzelne oder wenige heiße Tage in Folge gut verkräftet. Gefährlich wird es dann, wenn die Hitzeperiode länger dauert und/oder mit Trockenheit gekoppelt ist. Daher beziehen sich die Aussagen nur auf die Dauer heißer Tage in einer Hitzeperiode. Ähnlich wie bei der Kenngröße „Heiße Tage“ sind Anzahl und Dauer von Hitzeperioden in den Regionen B-Ws recht unterschiedlich. Anpassungsmaßnahmen werden zunächst in den warmen Landkreisen bzw. Regionen notwendig werden. Die für den Übergangsbereich „grün nach gelb“ gesetzte Zahl 10 (heiße Tage in einer Hitzeperiode) ist nur eine grobe Schätzung. Für „gelb nach rot“ gibt es bisher (glücklicherweise) zu wenig Erfahrungen.“ (Experteneinschätzung)

2) „s. auch Kenngröße „Heiße Tage“: Pflanzenzüchtung (rechtzeitig vorher, weil bis zur Zulassung mehrere Jahre vergehen).

Da Hitze in unseren Breiten meist auch mit Trockenheit gekoppelt ist, empfiehlt sich eine Bewirtschaftung, die möglichst lange Zugang zu Wasser wegen Transpirationskühlung sichert (konservierende Bodenbearbeitung, Erschließung tieferer Bodenschichten z. B. durch geeignete Zwischenfrüchte bzw. Fruchtfolgen) bzw. - falls ökonomisch lohnend - Beregnung/Bewässerung (Transpirationskühlung). Wechsel hin zu hitzetoleranteren Sorten und ggf. Kulturarten, im Gartenbau ggf. Wechsel des Anbauprogramms und der Sortimentszusammenstellung.

Im Sonderkulturbereich zusätzlich andere Wuchsformen, Erziehungssysteme, Beschattung, die Verlagerung in andere, kühlere Anbauregionen und im geschützten Gartenbau Belüftung und aktive Kühlung. Abgesehen von physiologischen Grenzen der Kulturpflanzen haben auch Aufwand und Kosten für Anpassungsmaßnahmen im weitgehend durch den Weltmarkt bzw. EU-Regelungen bestimmten Landwirtschaftssektor Grenzen. Wenn die notwendigen Kosten (z. B. für Beregnung) gegenüber den erzielbaren (Mehr-)Erlösen zu hoch werden, wird die betreffende Kultur woanders angebaut werden.“ (Experteneinschätzung)

Dauer der Hitzeperioden

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Schwarzwald-Baar-Heuberg	gelb (7 Tage)	4 Tage	14 Tage	„Erfahrungswerte für Hitzeschäden an vorhandenem Straßenbegleitgrün“ (Experteneinschätzung)

Neben den Angaben für die Region Schwarzwald-Baar-Heuberg wurden von Experten viele unterschiedliche Angaben zur Sensitivitätsampel für die Dauer der Hitzeperioden genannt, was keine eindeutige Kartendarstellung erlaubt.

Definition

Dauer der Trockenperioden: durchschnittliche Anzahl Trockentage (Tagesniederschlagsmenge < 0,1 mm) innerhalb einer Trockenperiode

Anzahl der Trockenperioden: Anzahl der Perioden zwischen Mai und September pro Jahr, in denen ein Trockentag oder mehrere Trockentage in Folge auftreten

Wasserhaushalt (Schifffahrt)

Durch große Trockenheit können die Flusspegel stark sinken. Bei extremer Trockenheit, vor allem in den warmen Monaten des Jahres (Mai bis September), können Flüsse dann für den Schiffsverkehr unbefahrbar werden oder sogar komplett trockenfallen, was ebenfalls starke Auswirkungen auf die Flussökosysteme hat. Durch niedrige Wasserspiegel wird außerdem die erlaubte Wassermenge, die beispielsweise durch Industrieunternehmen und Kraftwerke zur Kühlung entnommen werden darf, eingeschränkt. Das gleiche wie für große Flüsse gilt auch für kleine Flüsse und Bäche. Auch hier kann eine ausgeprägte Trockenheit das Trockenfallen verursachen. Bei besonders langen Trockenperioden kann die Wasserentnahme beispielsweise durch die Landwirtschaft verboten werden.

Wenn Trockentage in den Monaten Mai bis September in der nahen Zukunft häufiger aufträten, könnte die nutzbare Wassermenge der Flüsse zeitweise reduziert sein. Auch Schiffsrouten könnten durch zu niedrige Wasserstände zeitweise unbefahrbar werden.

Stadt- und Raumplanung (Grünflächenplanung), Landwirtschaft

Lange andauernde Trockenperioden können negative Auswirkungen auf städtische Grünflächen oder Dachbegrünungen haben. Grünflächen können zur Verringerung der Wärmebelastung in Städten beitragen, sofern die Pflanzen nicht selbst durch Hitze und Trockenheit belastet werden. Daher sollte bei Neuanlagen auf die Wahl der Baum- und Pflanzenart geachtet werden. Sowohl bei öffentlichen Grünflächen als auch bei Dachbegrünungen ist ansonsten Bewässerung notwendig. Bewässert wird sowohl aus finanziellen als auch aus Gründen der Wassereinsparung an besonders trockenen und viel von der Bevölkerung besuchten Plätzen in der Innenstadt. In Karlsruhe beispielsweise werden viele Grünflächen nicht bewässert (vergleiche auch Klimakenngröße „Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen“). → Kapitel 4.3.42). Eine mögliche Anpassungsmaßnahme ist eine Änderung der Bewässerung, von Sprinkler zur Tropfenbewässerungen im Boden, da bei Sprinklern ein sehr hoher Anteil des Wassers verdunstet.

Auch in der Landwirtschaft wird bei lange andauernden Trockenperioden entweder (verstärkte) Bewässerung notwendig oder es sind Ertragsseinbußen bei bestimmten Sorten zu erwarten.

Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen für Baden-Württemberg im Kontrollzeitraum (1971–2000) durchschnittlich ungefähr 85 Trockentage in den Monaten Mai bis September in der nördlichen Hälfte (in den Regionen Rhein-Neckar und Heilbronn-Franken) und etwa 75 Tage in der südlichen Hälfte. Diese Trockentage verteilen sich durchschnittlich auf zwischen 24 (Regionen Mittlerer und Südlicher Oberrhein) bis 27 (Stuttgart, Neckar-Alb) Trockenperioden, die entsprechend eine durchschnittliche Dauer von drei Tagen haben.

Die Klimamodellberechnungen überschätzen die Anzahl der Trockenperioden und die Gesamtzahl der Trockentage, während sie die durchschnittliche Dauer gut wiedergeben. Im Folgenden wird daher vor allem auf die in der Zukunft erwarteten Änderungen statt auf die absoluten Zahlen Bezug genommen.

In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble; keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplancken-Ensemble) wird in ganz Baden-Württemberg eine Zunahme der durchschnittlichen Anzahl an Trockentagen pro Jahr (Mai bis September) erwartet, die zwischen 3 und 6 Tage beträgt. Gleichzeitig wird eine Verlängerung der Dauer einer einzelnen Trockenperiode um 0,2 bis 0,4 Tage erwartet, während die Anzahl der Trockenperioden um 1 bis 2 pro Jahr abnimmt. Das bedeutet, dass die Klimamodellberechnungen erwarten

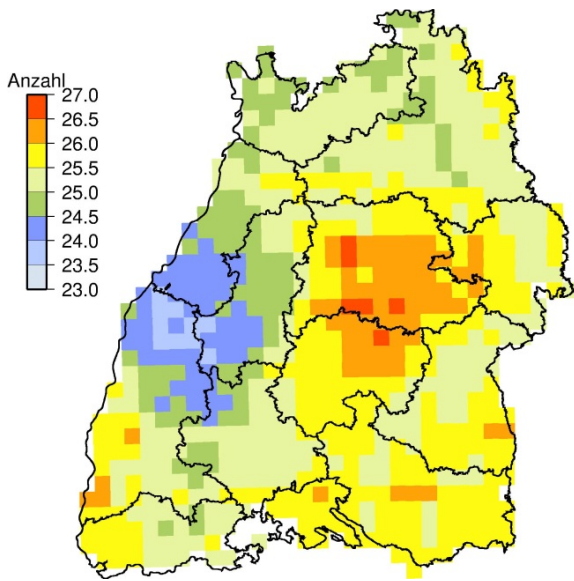
lassen, dass zwar in Zukunft weniger Trockenperioden auftreten werden, die einzelnen Trockenperioden dann aber länger werden. Für die ferne Zukunft (2071-2100) zeigen die Ergebnisse der Klimamodelle des Leitplanken-Ensembles für die Zahl der Trockentage und die Dauer der Trockenperioden keine statistisch signifikanten Veränderungen, während für die Zahl der Trockenperioden eine Abnahme um 2 pro Jahr gegenüber dem Kontrollzeitraum in ganz Baden-Württemberg erwartet wird.

Da bei Trockenperioden auch die Dauer der einzelnen Trockenperioden wichtig ist, wurden außerdem Perioden berücksichtigt, die entweder 1 bis 10 Tage, 11 bis 20 Tage und über 21 Tage andauern. Um die Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten, zeigen die zugehörigen Karten für den Kontrollzeitraum 1971-2000 jeweils die durchschnittliche Anzahl der Tage pro Jahr, die in einer entsprechenden Periode auftreten. Durchschnittlich 80 Tage pro Jahr (Mai bis September) fielen in Trockenperioden zwischen 1 und 10 Tagen Dauer. Mit Anzahlen zwischen 4 in der Südhälfte und 16 in der Nordhälfte Baden-Württembergs fielen nur wenige Tage in Trockenperioden von 11 bis 20 Tagen Dauer. Das bedeutet, solche Perioden kommen zwischen ein- bis zweimal pro Jahr und einmal in zwei Jahren in Baden-Württemberg vor. Trockenperioden mit einer Dauer über 21 Tage sind sehr selten, sie traten im Kontrollzeitraum nur etwa 0,3 mal auf, das bedeutet, dass es in 30 Jahren nur etwa eine Trockenperiode einer solchen Dauer gab. Für alle Anzahlen der Tage in bestimmten Perioden wird in naher und ferner Zukunft (2021-2050, 2071-2100) keine signifikante Änderung erwartet.

Zu beachten bleibt insgesamt die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

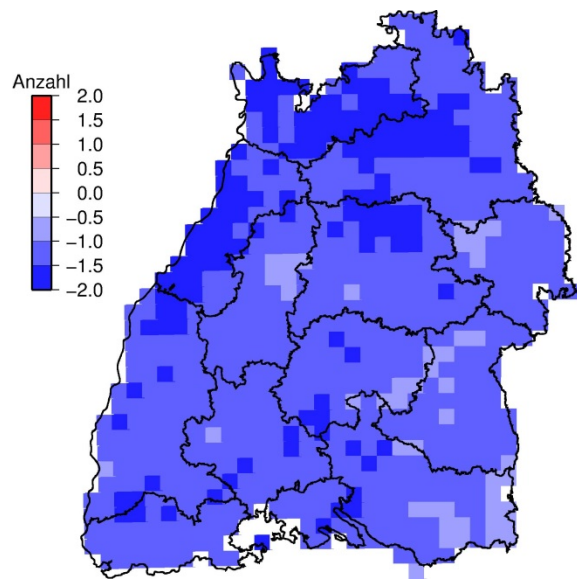
Anzahl der Trockenperioden

Beobachtungen



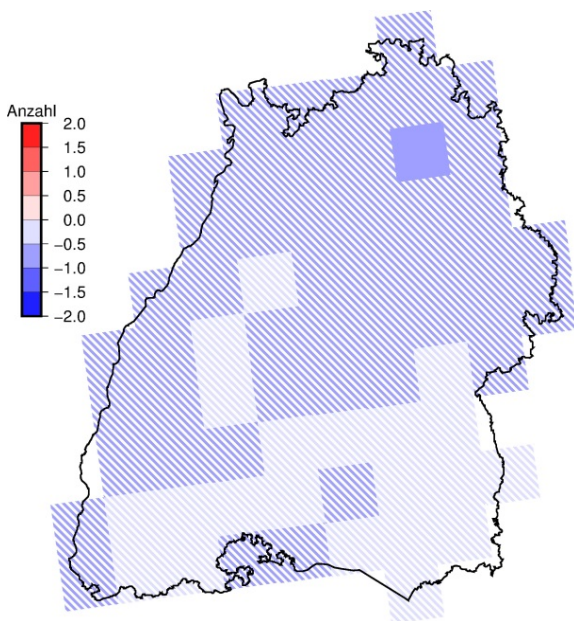
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



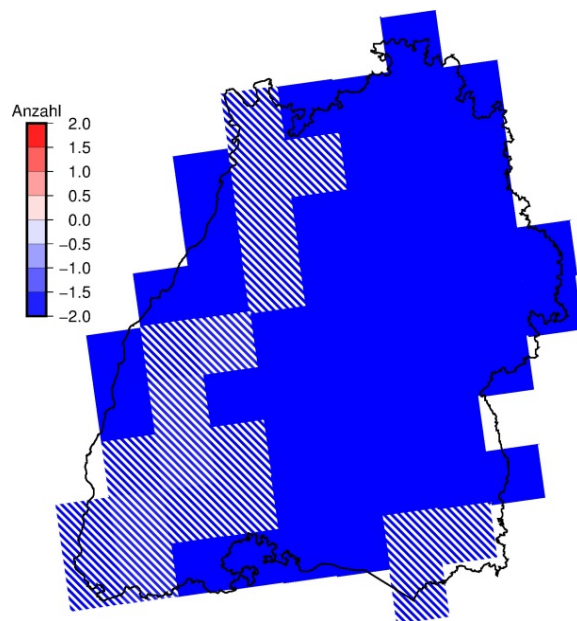
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 42: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Trockenperioden“

Dauer der Trockenperioden

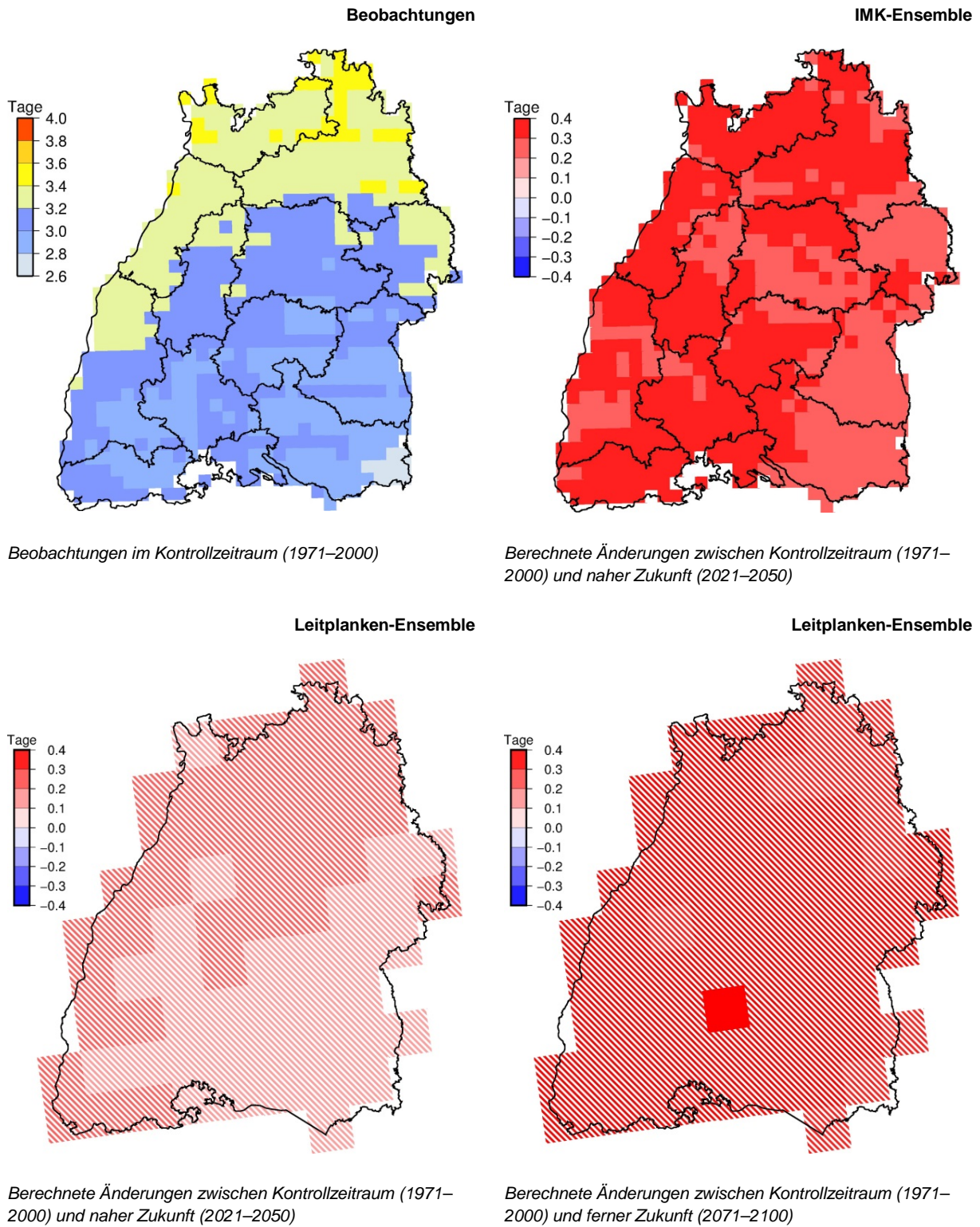
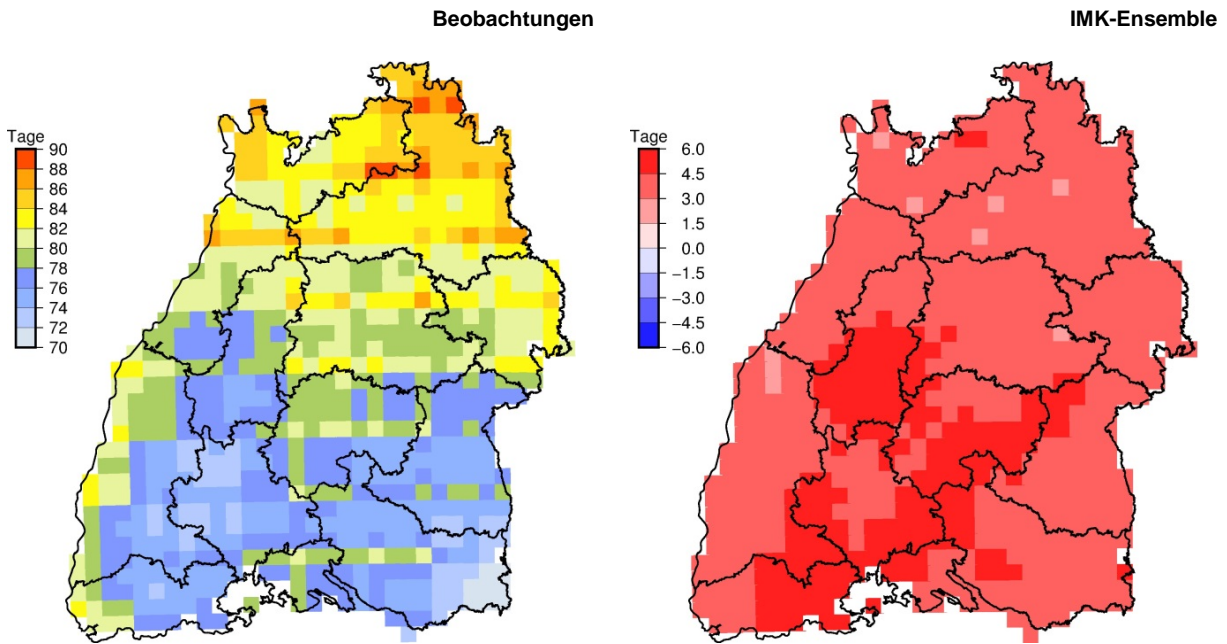


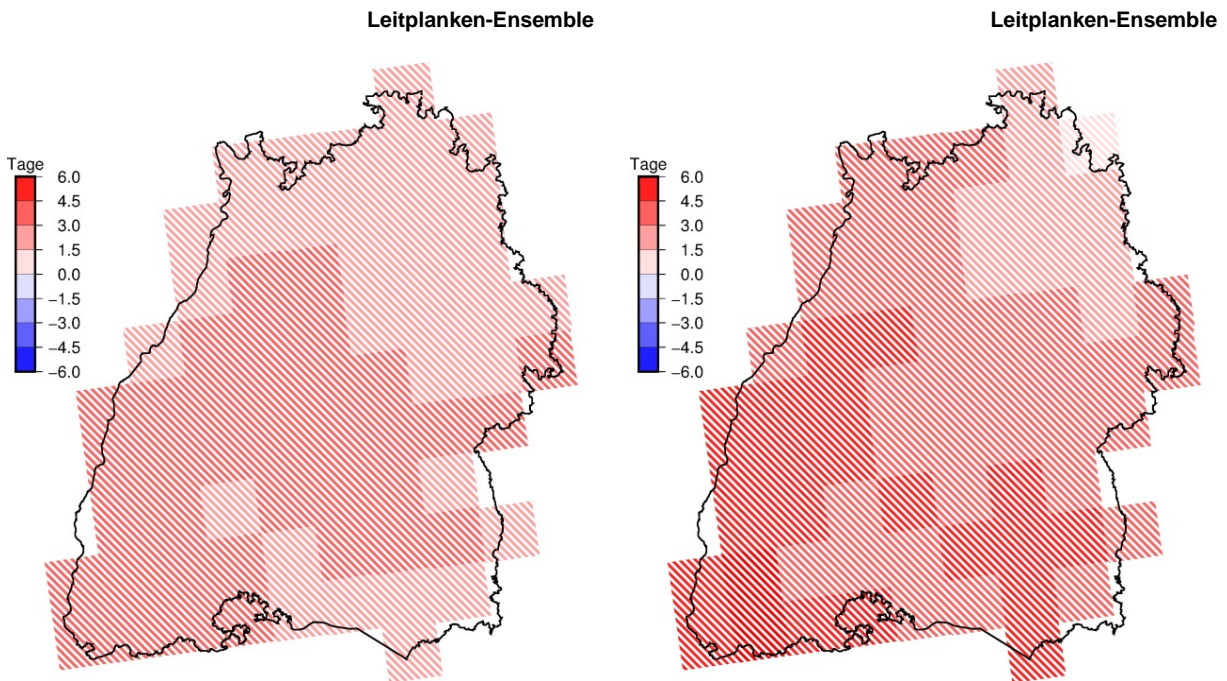
Abbildung 43: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Trockenperioden“

Anzahl der Trockentage



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 44: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Trockentage“

Anzahl der Trockenperioden

Tabelle 13: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Trockenperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	24.0	25.1	25.3	25.6	26.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	13.6	24.5	26.1	27.4	31.6
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	23.8	25.1	25.4	25.7	26.7
IMK-Ensemble	1971-2000	22.4	27.3	28.4	29.2	31.6
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	14.3	24.0	25.5	26.7	30.3
IMK-Ensemble	2021-2050	20.3	26.1	27.1	27.9	30.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	14.0	20.8	23.5	25.3	30.7

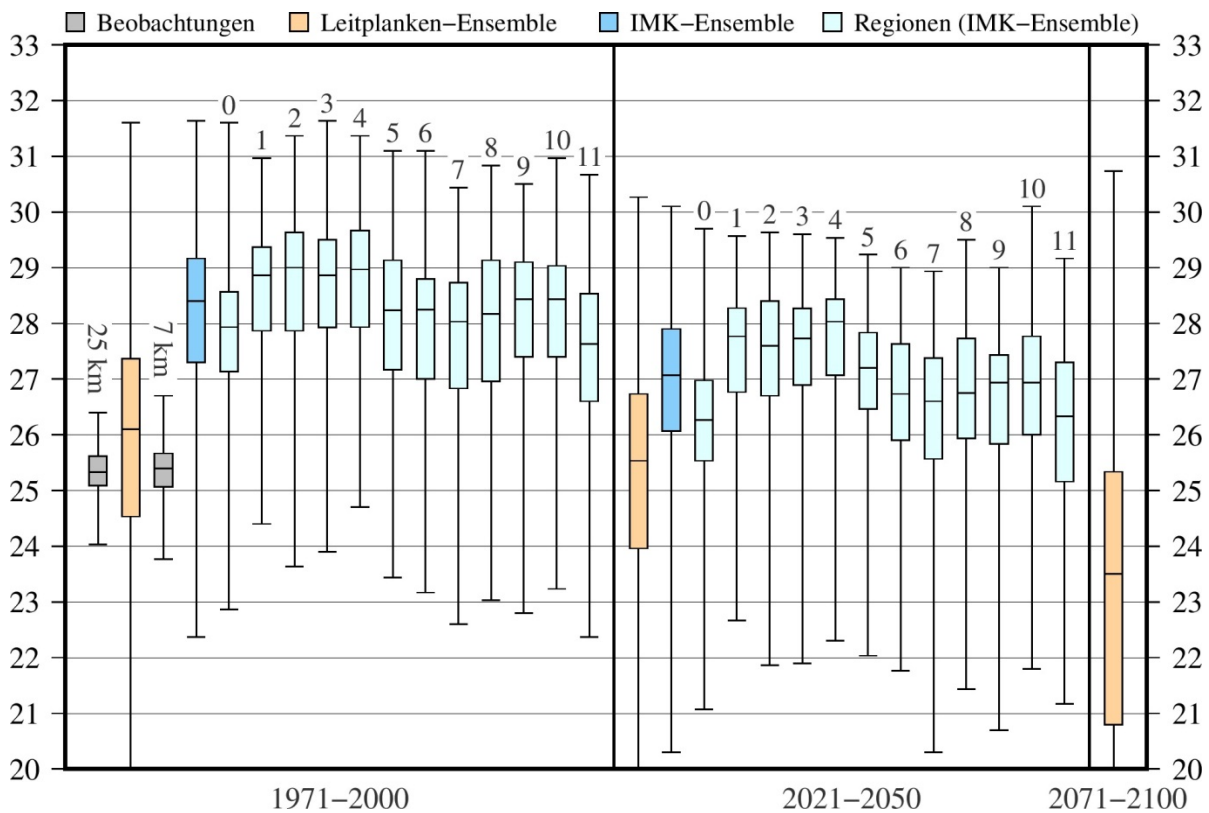


Abbildung 45: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Trockenperioden).

Dauer der Trockenperioden

Tabelle 14: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Trockenperioden)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	1.3	2.0	2.8	3.2	3.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	2.7	3.0	3.1	3.2	3.5
IMK-Ensemble	1971-2000	2.5	2.9	3.0	3.2	3.9
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	1.3	2.2	3.1	3.5	4.4
IMK-Ensemble	2021-2050	2.7	3.1	3.3	3.5	4.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	1.3	1.7	3.5	4.0	5.1

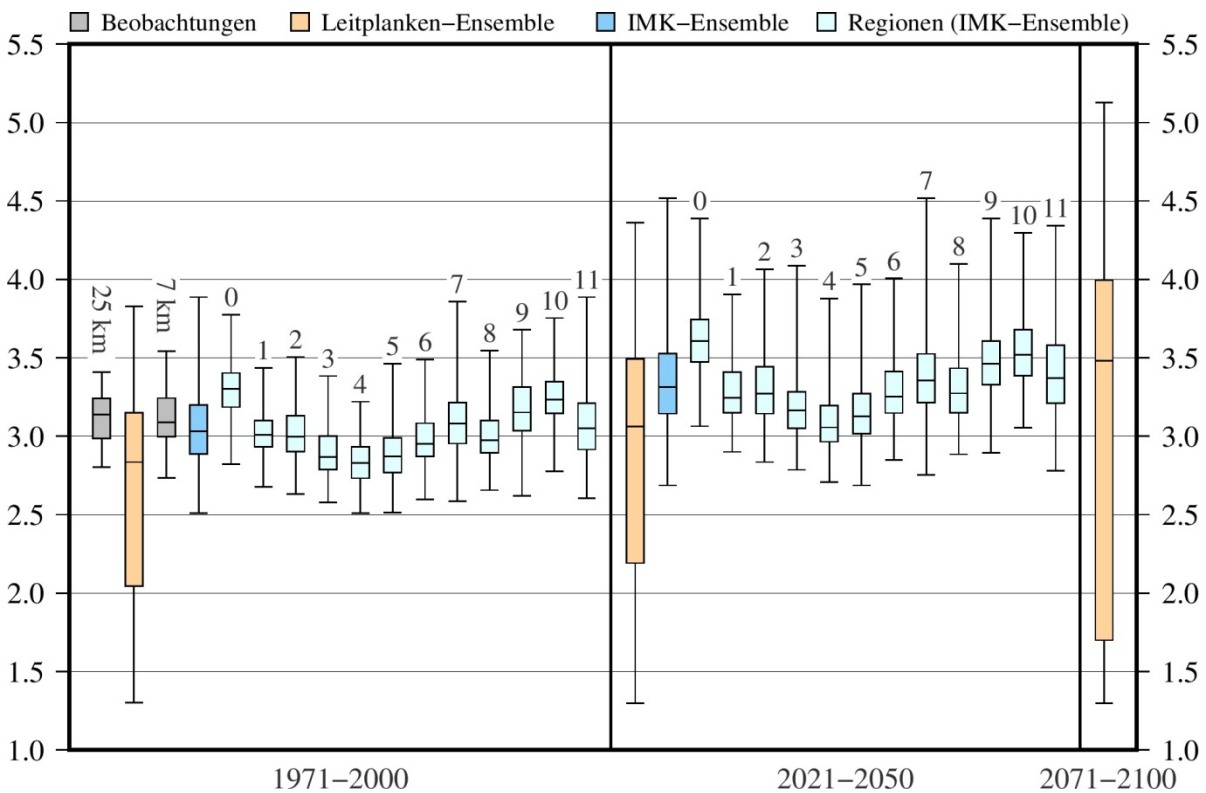


Abbildung 46: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Trockenperioden).

Anzahl der Trockentage

Tabelle 15: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl Trockentage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	72.3	76.1	78.7	81.7	86.8
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	23.6	45.8	72.4	84.7	100.7
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	70.7	76.2	78.9	81.7	88.4
IMK-Ensemble	1971-2000	69.1	81.6	85.2	89.4	99.5
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	23.3	47.1	76.2	89.7	105.6
IMK-Ensemble	2021-2050	72.0	86.1	89.4	92.9	105.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	23.0	46.9	81.8	90.6	106.2

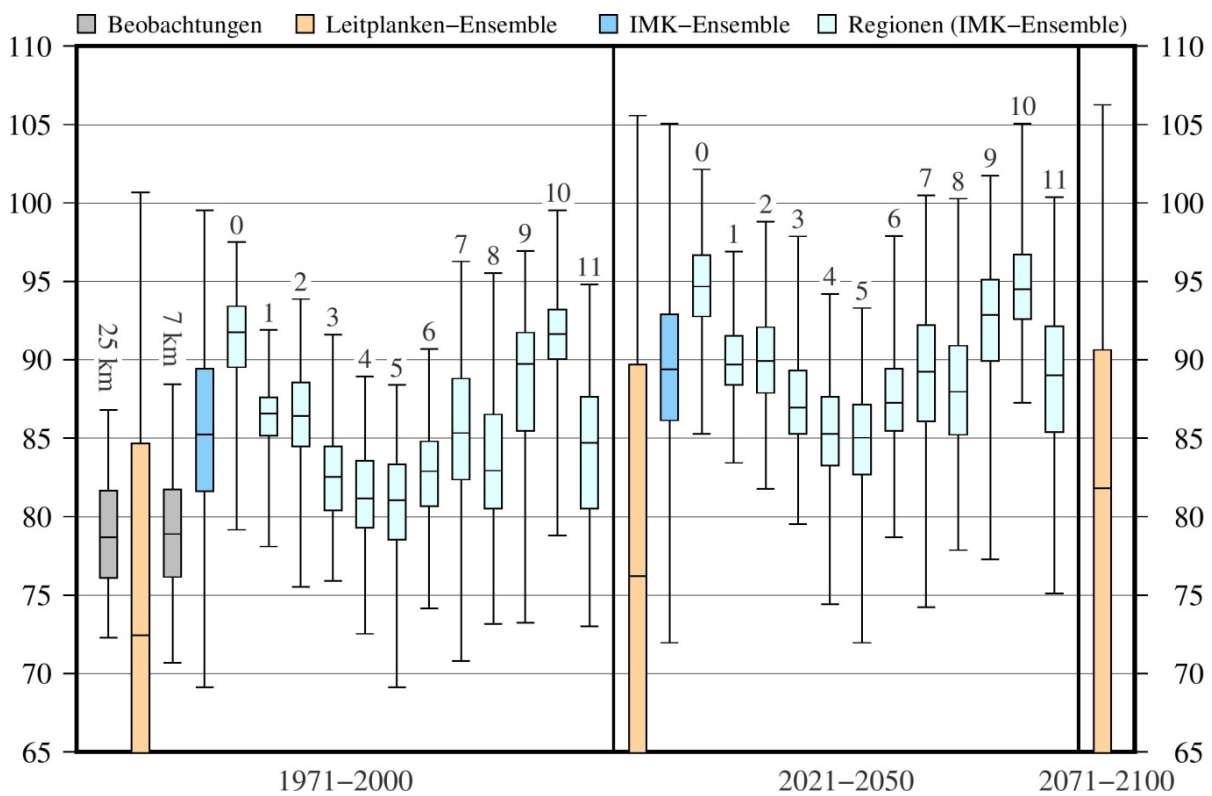
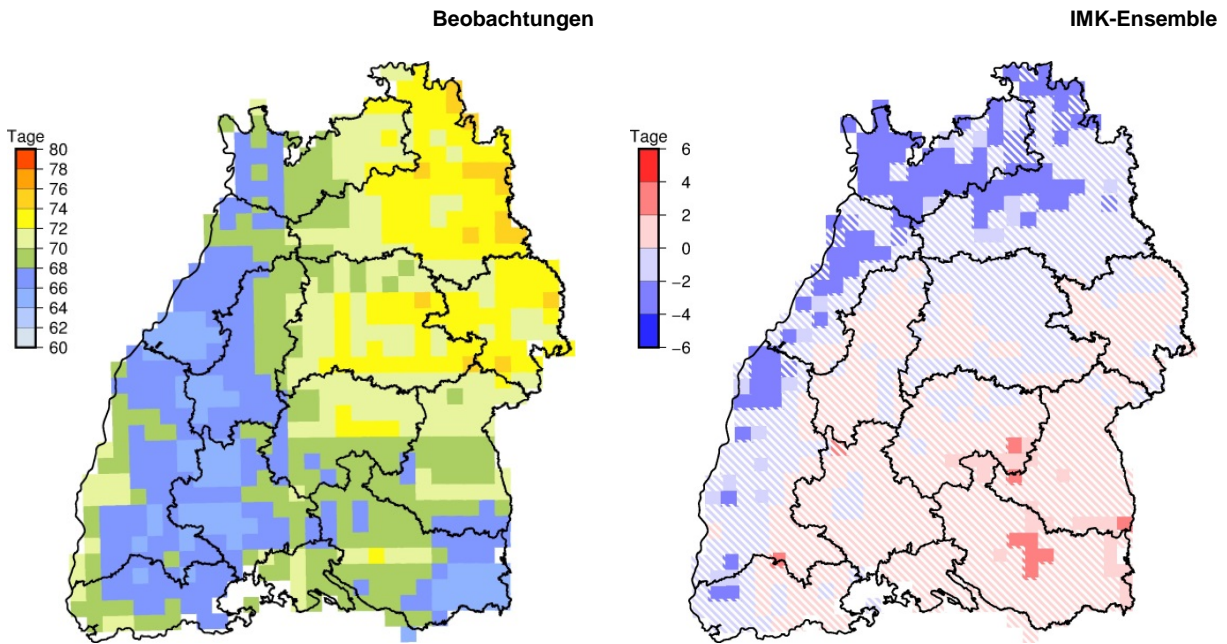


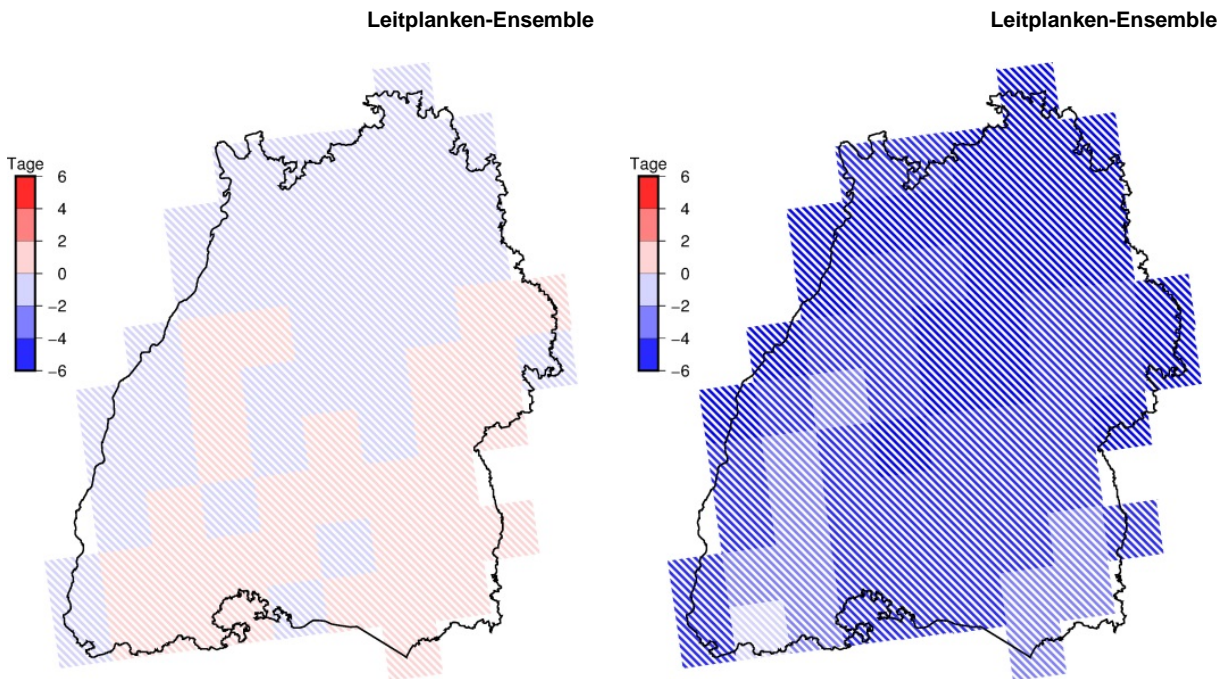
Abbildung 47: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Trockentage).

Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 48: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge“

Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge

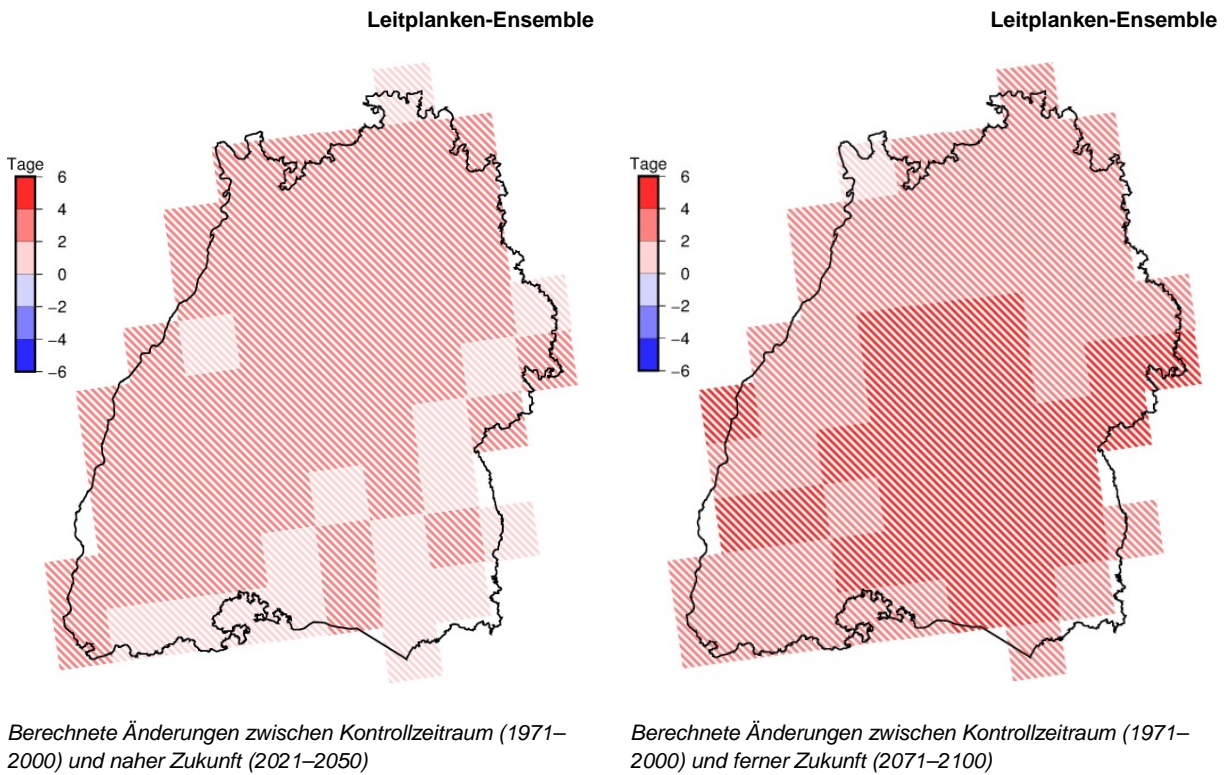
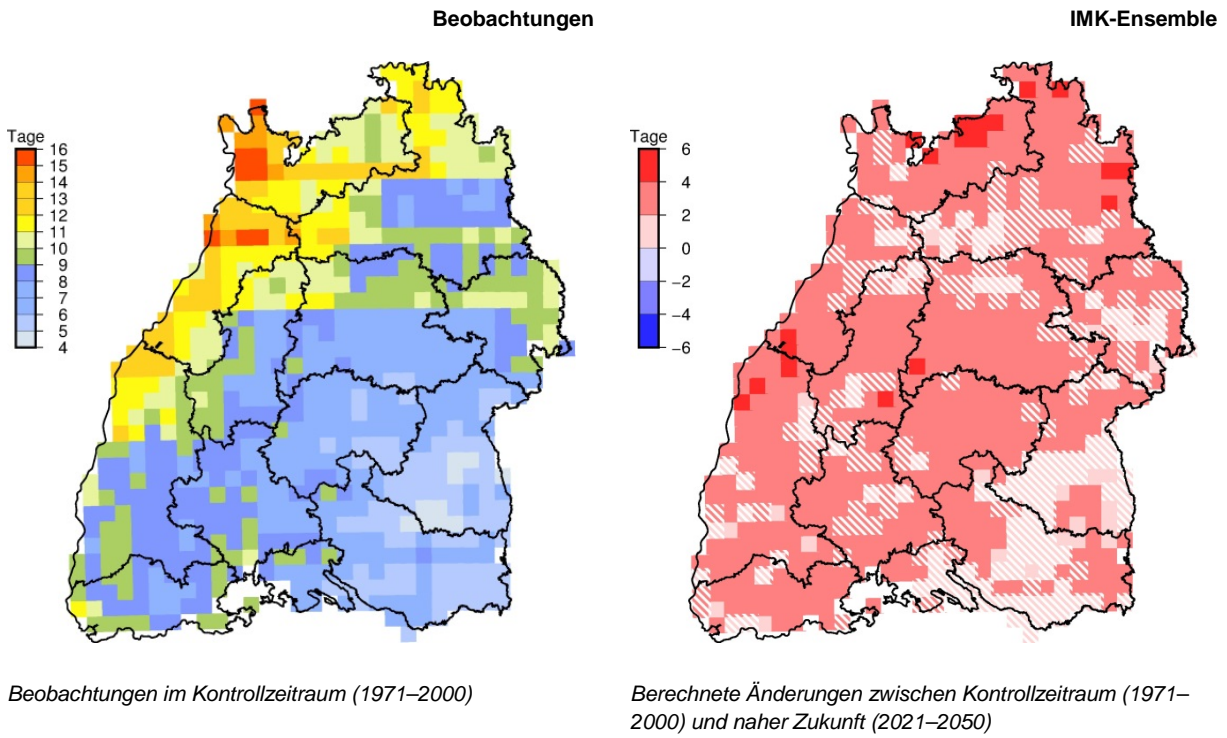


Abbildung 49: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge“

Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge

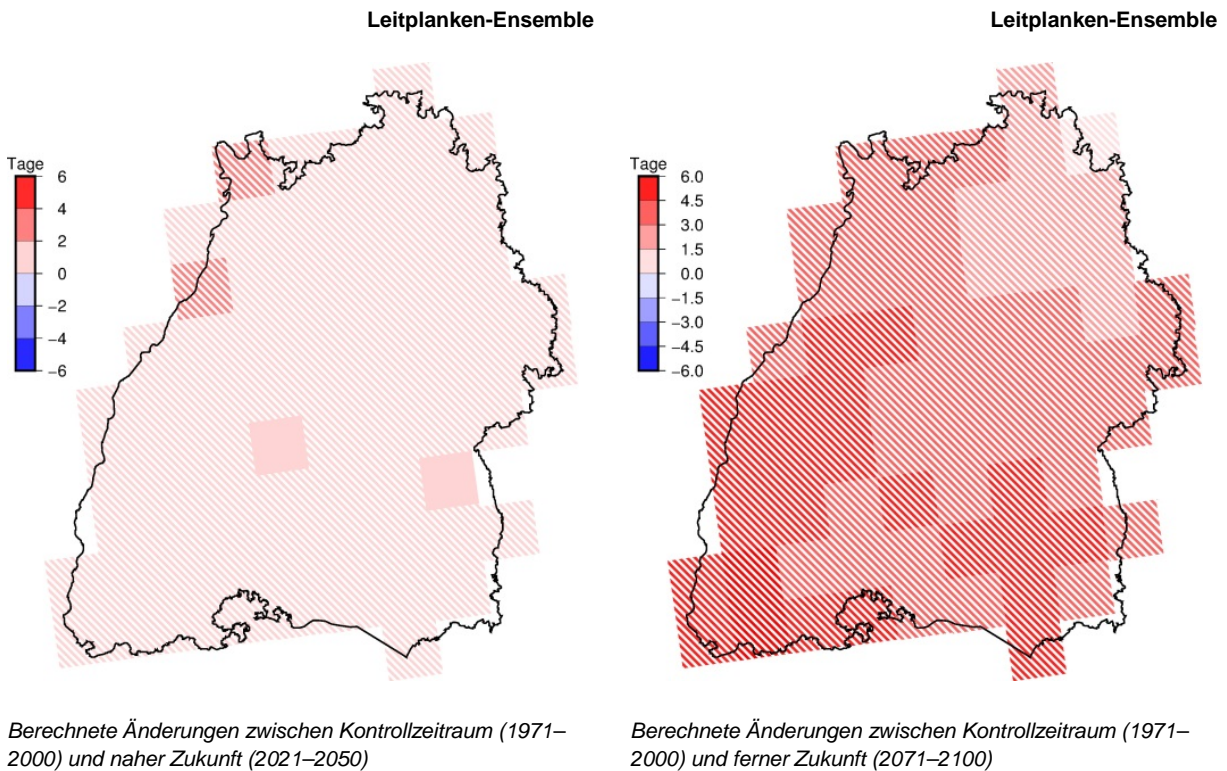
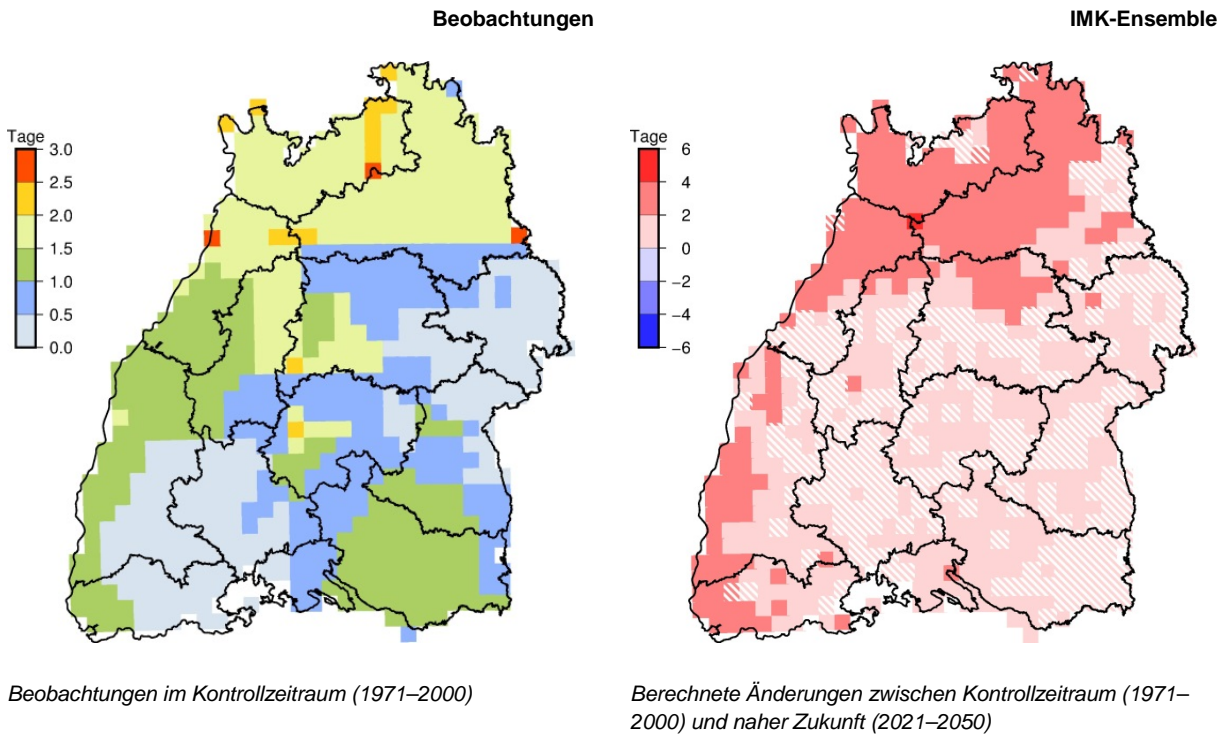


Abbildung 50: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge“

Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge

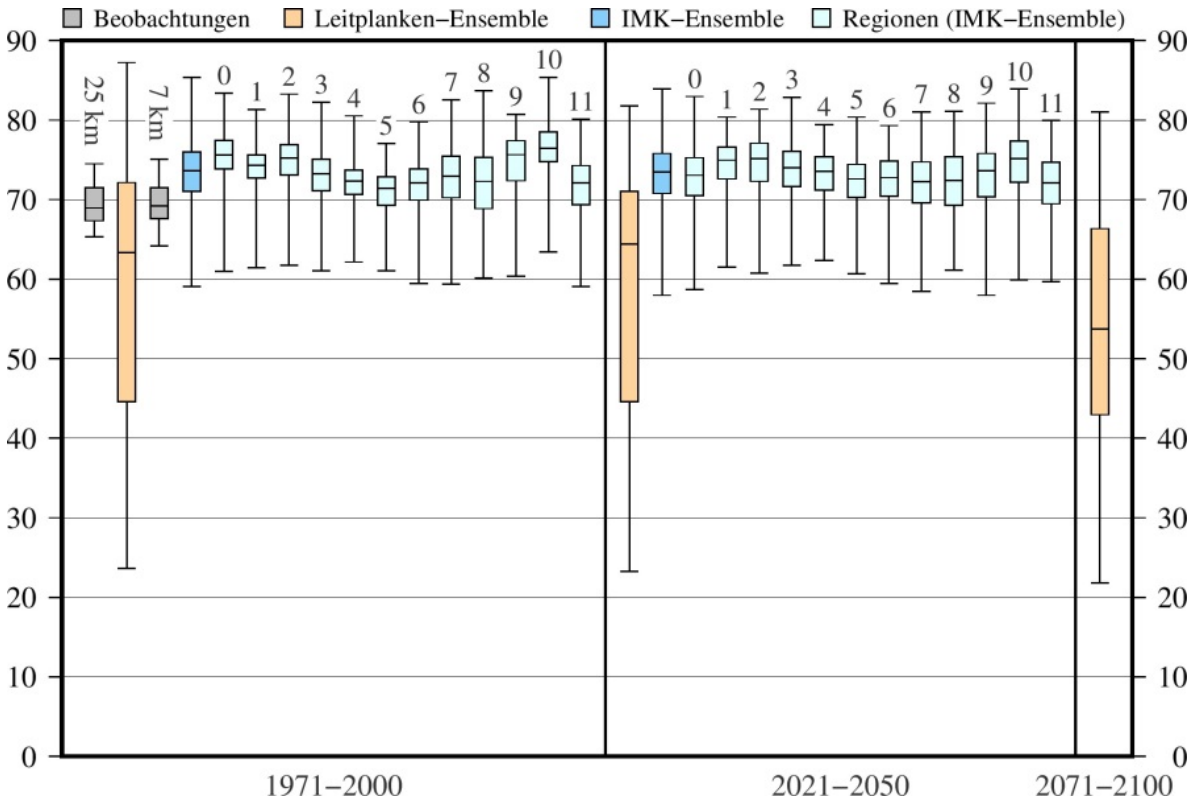


Abbildung 51: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge).

Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge

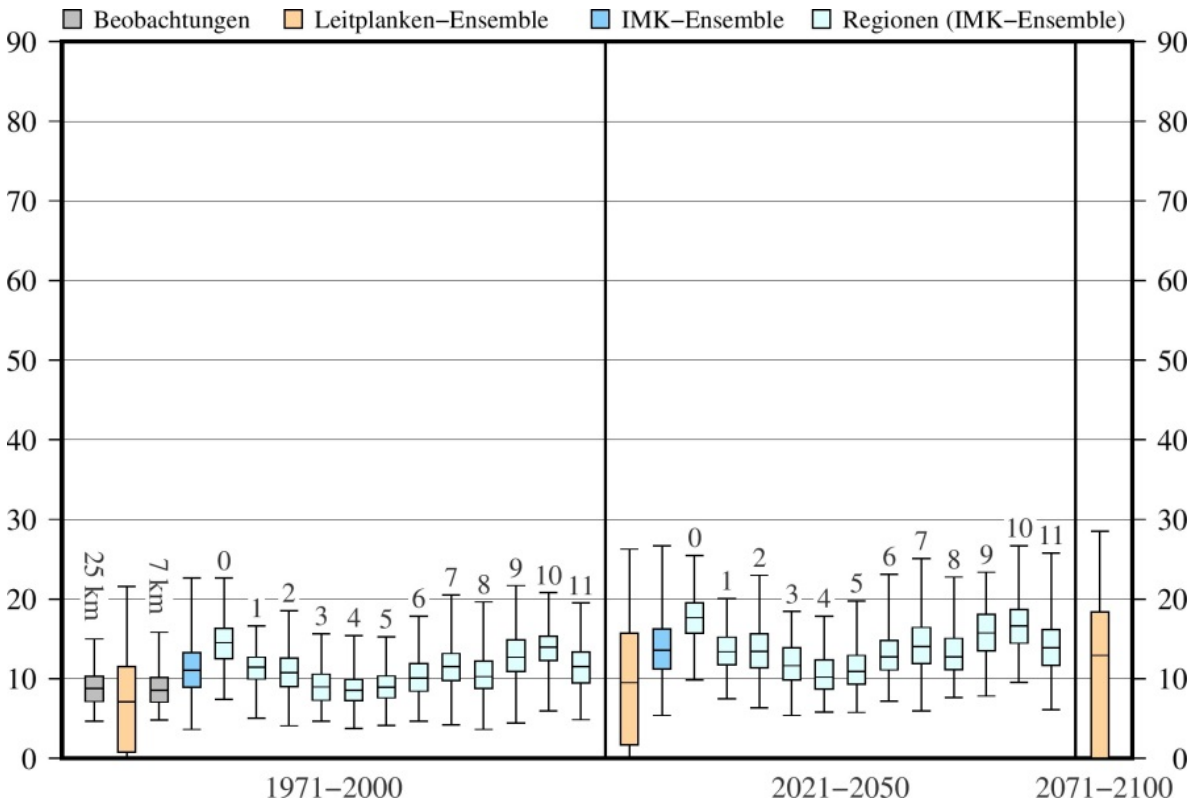


Abbildung 52: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge).

Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge

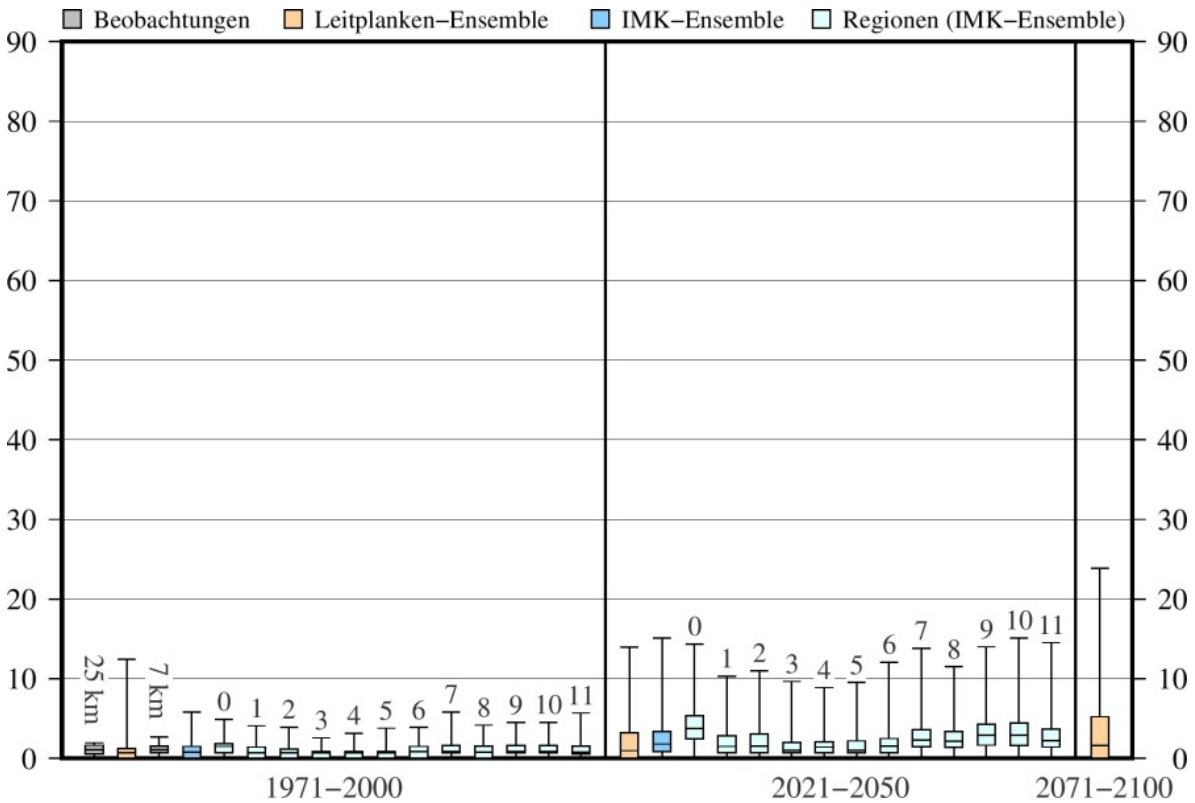


Abbildung 53: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge).

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ↔ gelb	Übergang gelb ↔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Rhein-Neckar	grün	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Schwarzwald-Baar-Heuberg	gelb (15 Tage) Siehe 1)	10 Tage Siehe 1)	21 Tage Siehe 1)	Fehlender Niederschlag. Bei längerer Trockenperiode über 15 Tage Anzahl der eingesetzten Gießfahrzeuge nicht mehr ausreichend; ab 21 Tage langfristig Bau von zusätzlichen automatischen Bewässerungseinrichtungen erforderlich oder Rückbau Grünflächen“ (Experteneinschätzung)

1) Bezieht sich auf einzelne Ereignisse, nicht das 30-jährigen Mittel

Definition

Durchschnitt der Tagesmitteltemperatur zwischen März und Juli pro Jahr

Landwirtschaft (Getreideanbau)

Getreide reagiert stark auf die Witterungsbedingungen während der Wachstums- und Reifezeit (vgl. auch Klimakenngrößen „Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August“ → Kapitel 4.3.23 und „Heiße Tage“ → Kapitel 4.3.17)

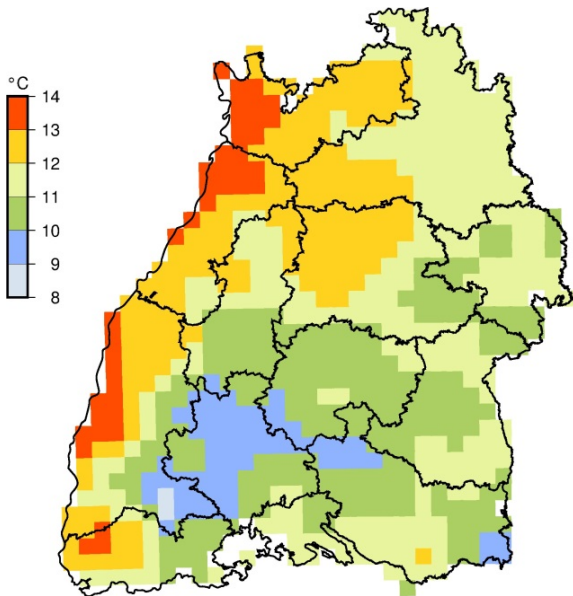
Für die Kulturarten Roggen, Hafer und Weizen hat die Universität Hohenheim in den 1990er Jahren in den vergleichsweise warmen Kreisen Karlsruhe, Stuttgart und Konstanz untersucht, wie sich die Temperaturen auf die Erträge auswirken. Diese ergaben, dass pro Grad Erhöhung der Durchschnittstemperatur zwischen März und Juli der Getreideertrag um etwa 8 % sank (Franzaring et al. 2007).

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) liegt die Durchschnittstemperatur zwischen März und Juli bei bis zu 14 °C entlang des Rheins, bei 10 bis 12 °C in den Regionen Heilbronn-Franken, Ostwürttemberg, Donau-Iller, Hochrhein-Bodensee und Neckar-Alb und unter 10 °C in den Höhenlagen. Die Berechnungen der Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

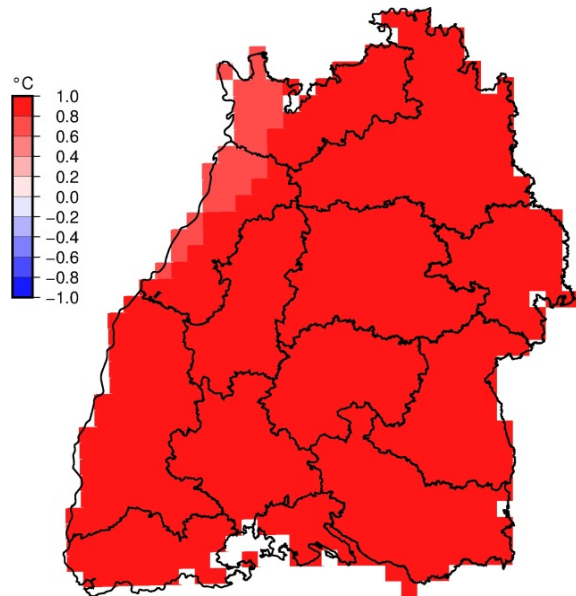
In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) wird für ganz Baden-Württemberg eine Zunahme um 0,9 bis 1 °C erwartet. Damit sind (nach Franzaring et al. 2007) auch Ertragseinbußen bei Getreide zumindest in den wärmeren Regionen zu erwarten. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) lassen die Ergebnisse der Klimamodelle einen Temperaturanstieg um 1 bis 4 °C in Baden-Württemberg erwarten.

Beobachtungen



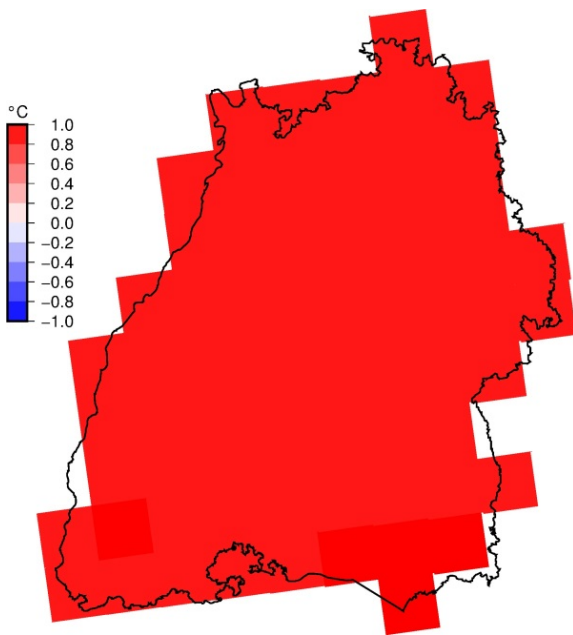
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



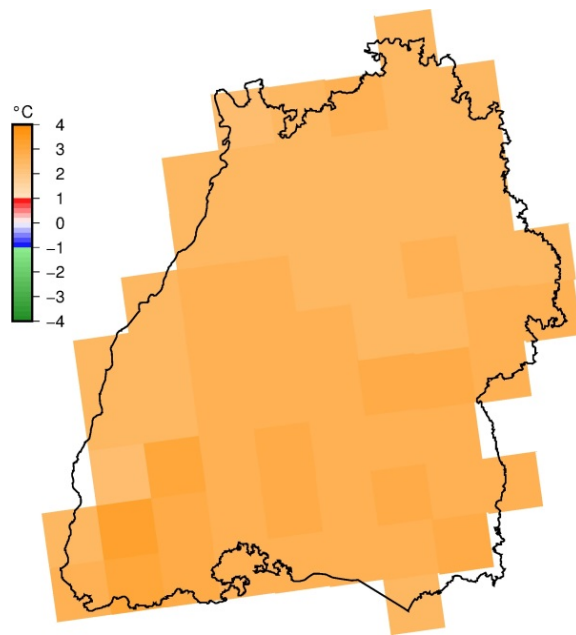
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 54: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Durchschnittstemperatur März - Juli“.

Tabelle 16: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Durchschnittstemperatur März - Juli)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	9.1	10.9	11.4	12.2	13.4
Leitplanken	1971-2000	7.8	10.5	11.3	12.0	13.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	8.5	10.7	11.3	12.1	13.8
IMK-Ensemble	1971-2000	6.8	10.5	11.3	12.2	13.7
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	8.8	11.4	12.1	13.0	15.6
MK-Ensemble	2021-2050	7.4	11.3	12.2	13.1	15.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	10.9	13.2	13.8	14.7	17.3

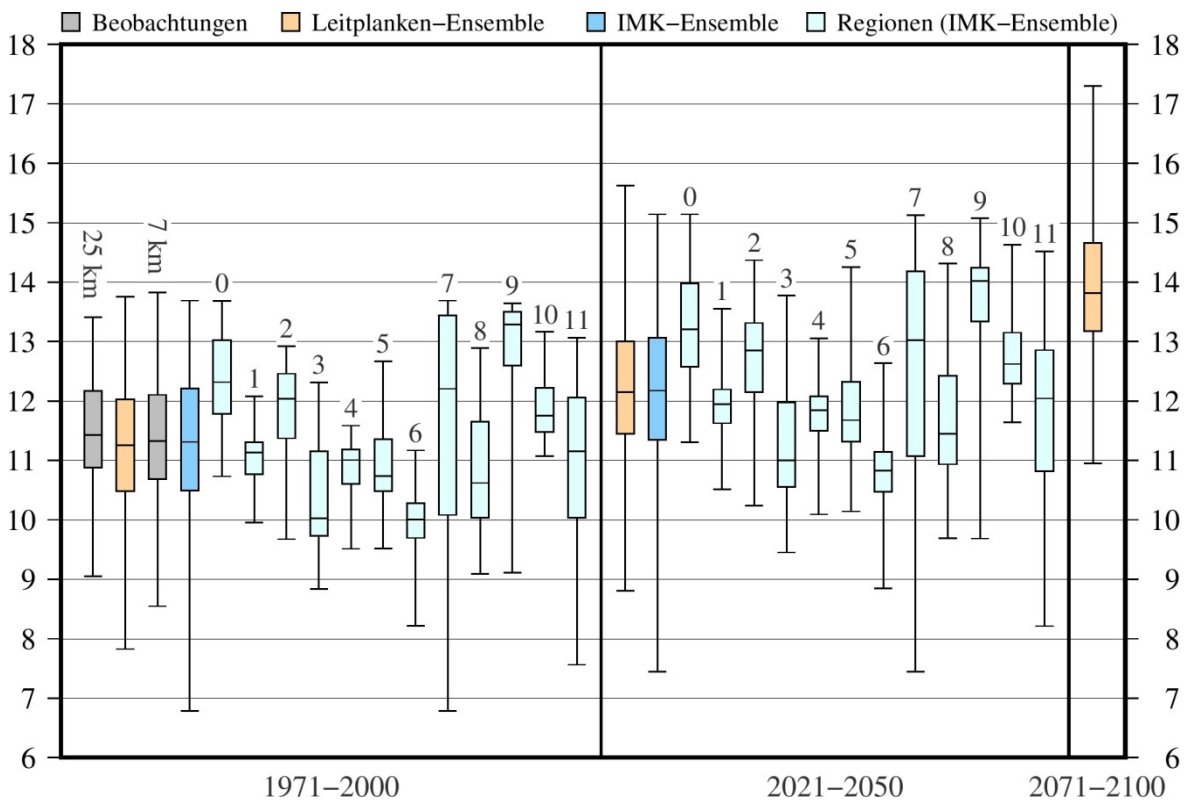


Abbildung 55: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Durchschnittstemperatur März - Juli).

Sensitivitätsampel

Die statistische Beziehung zwischen der Durchschnittstemperatur zwischen März und Juli und dem Ertrag von Getreide wurde für drei ausgewählte Kreise (allesamt in den wärmeren Regionen des Landes) erstellt. Daher ist dieser Wert nicht auf das ganze Land verallgemeinerbar und auch die Übertragung auf zukünftige Klimaänderungen unsicher, da es sein kann, dass Getreide bei einer Erhöhung von 11 auf 12 °C anders reagiert als bei einer Erhöhung von 13 auf 14 °C. So kann in bisher kühleren Regionen eine Temperaturerhöhung durchaus positiv auf den Ertrag wirken.

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Siehe 1)	grün	+ 2 °C (Aufgrund der Erfahrung mit wärmeren Landkreisen)	Unsicher („Wichtiger sind vermutlich Extremereignisse (Hitze, Trockenheit). Die regionale Korrelation mit Durchschnittstemperaturen ist unklar, daher wird auf die Angabe eines Wertes verzichtet.“)	Siehe 2)

- 1) „Bereits jetzt wärmere Regionen sind stärker und früher betroffen. Die Durchschnittstemperatur während der Hauptwachstumsperiode des Getreides ist nur eine eher integrierende Größe. Vermutlich noch wichtiger sind die mit der Erhöhung der Durchschnittstemperatur einhergehende Erhöhung der Anzahl der Hitzetage und die Interaktion mit Trockenheitsepisoden, die wiederum über die temperaturbedingt gesteigerte Evapotranspiration verschärft werden können. Insofern lässt sich schwer ein isolierter Temperaturwert oder eine prozentuale Steigerung nur für die Durchschnittstemperatur angeben, zumal sie regional unterschiedlich ausfallen würde. Hinzu kommt, dass sich die Kulturen in der Temperaturempfindlichkeit und dem Zeitpunkt der empfindlichen Phase (in der Regel die Blüte) unterscheiden. März-Juli wäre hauptsächlich Getreide und Raps betroffen.“ (Experteneinschätzung)
- 2) „Pflanzenzüchtung (rechtzeitig vorher, weil bis zur Zulassung mehrere Jahre vergehen).
 - Wassereffiziente Bewirtschaftung (konservierende Bodenbearbeitung, Erschließung tieferer Bodenschichten z.B. durch geeignete Zwischenfrüchte bzw. Fruchtfolgen)
 - Falls ökonomisch lohnend Beregnung/Bewässerung.
 - Wechsel hin zu wärmetoleranteren oder wärmeliebenden Sorten und ggf. Kulturarten.“ (Experteneinschätzung)

Definition

Erster Tag des Jahres, an dem der erste Frost (Tagestiefsttemperatur $< 0\text{ °C}$) auftritt

Stadt- und Raumplanung (Grünflächenplanung), Wirtschaft / Energiewirtschaft (Straßenreinigung)

Der Zeitpunkt des Laubfalls bei Bäumen wird bei vielen Baumarten durch die Nachttemperatur gesteuert. Der erste Frost bewirkt akuten Laubfall, zum Teil können dann nach einer Nacht sehr große Laubmengen fallen. Umgekehrt verteilt sich der Laubfall über einen längeren Zeitraum, wenn im Spätherbst und Frühwinter kein Frost auftritt, da dann die Bäume langsamer ihre Blätter verlieren.

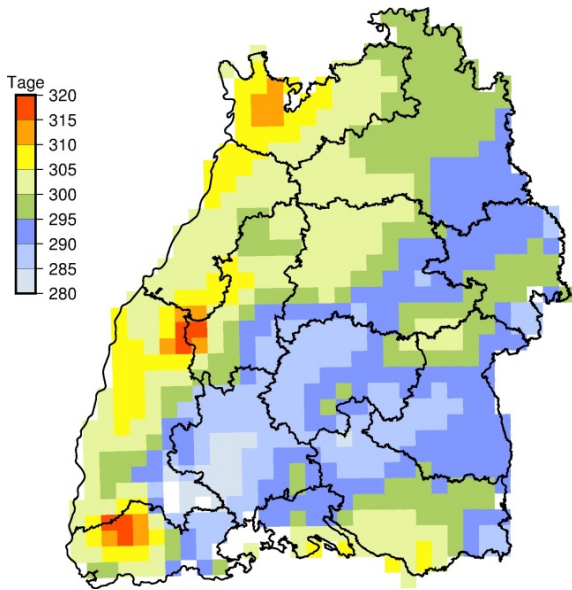
Der Zeitraum des Laubfalls spielt für die Planung der Straßenreinigung eine Rolle, da bei großen Laubmengen von Stadtbäumen in kurzen Zeiträumen, die auf die Straße fallen, die Gefahr besteht, dass Gullys verstopft werden. Daher muss dann punktuell die Straßenreinigung vermehrt die Blätter entfernen, um die Wasserversickerungssysteme frei zu halten. Vor allem ist dies der Fall, wenn der erste Frost an Tagen mit starkem Wind auftritt, sodass der Laubfall noch durch den Wind beschleunigt wird. Ein späterer Laubfall hingegen vergrößert wiederum die Gefahr von Windwurf in Zusammenhang mit Herbststürmen.

Klimatologie

Der Tag des ersten Frostes liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) in den Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und Ost-Württemberg zwischen dem 280. und dem 300. Tag des Jahres. In den tieferen Lagen liegt der erste Frosttag später, zwischen dem 300. und dem 320. Tag des Jahres. Die Berechnungen der Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

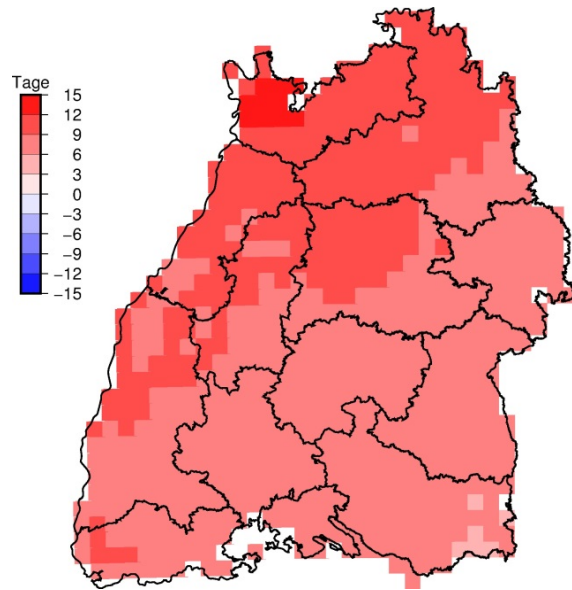
In naher Zukunft (2021-2050) erwarten die Klimamodelle einen späteren ersten Frosttag im Jahr. Durchschnittlich tritt dann der erste Frost zwischen sechs und 12 Tage später auf, in der Region Rhein-Neckar sogar bis 15 Tage später (IMK-Ensemble). Im Leitplanken-Ensemble wird ebenfalls ein um 9 bis 12 Tage späterer Frosteintritt erwartet. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) ist ein um 15 bis 24 Tage späteres Auftreten des ersten Frosttags möglich.

Beobachtungen



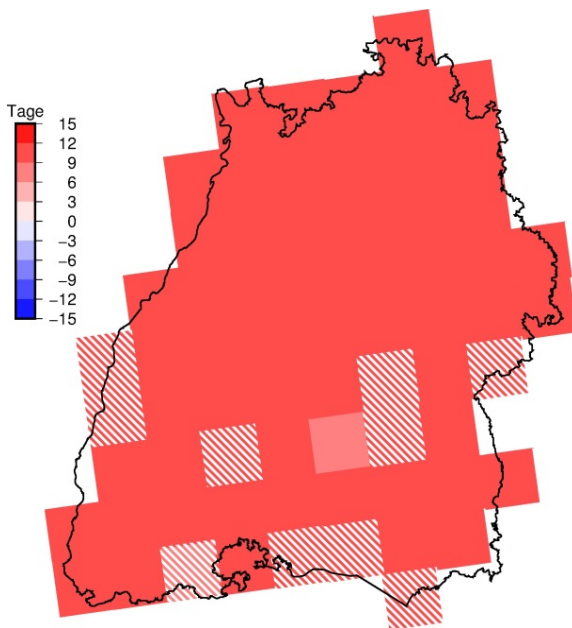
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



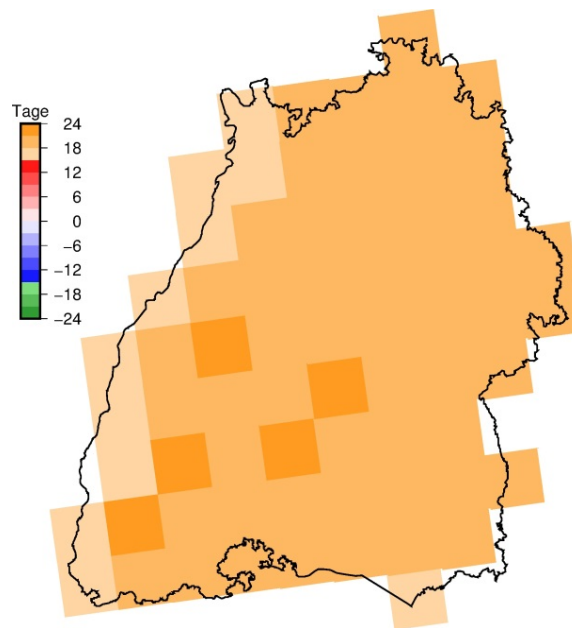
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 56: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Erster Frosttag des Jahres“.

Tabelle 17: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Erster Frosttag des Jahres)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	282	293	298	302	309
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	264	294	303	311	342
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	279	292	296	302	318
IMK-Ensemble	1971-2000	283	294	298	303	321
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	274	304	313	322	349
IMK-Ensemble	2021-2050	289	302	306	312	339
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	283	315	323	331	350

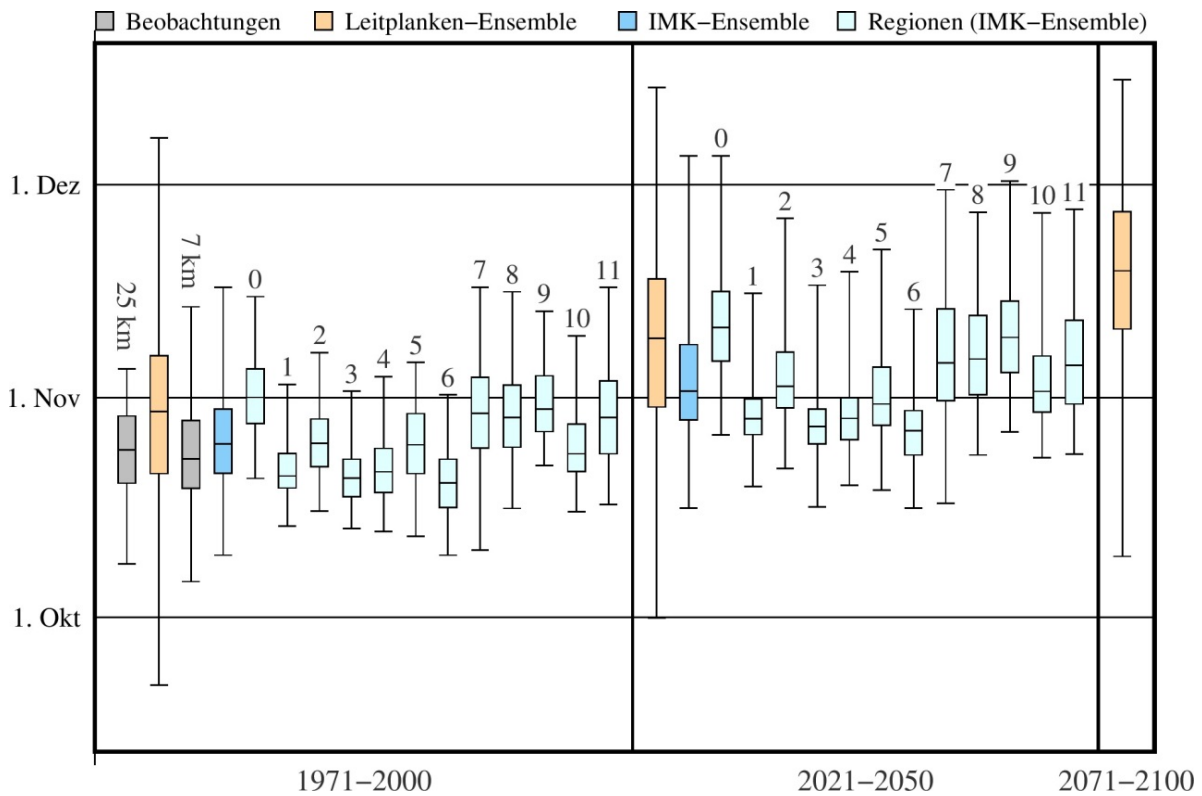


Abbildung 57: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Erster Frosttag des Jahres).

Sensitivitätsampel

Stadt- und Raumplanung

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg	grün	Keine Angabe	Keine Angabe	Siehe 1)

1) „Keine besonderen Anpassungsmaßnahmen notwendig bzw. möglich. Die Gefahr von Schäden an Bäumen besteht z. B. sowohl bei Früh- als auch bei Spätfrösten (Frostrisse im Stamm).“ (Experteneinschätzung)

Weitere Experteneinschätzungen zum Thema „Erster Frosttag des Jahres“:

„Eine Verschiebung des Laubfalls bei Bäumen oder eine Verlängerung der Periode durch fehlenden Frost im Spätherbst könnte eine Anpassung der Straßenreinigung erfordern. Der Aufwand für die Straßenreinigung bleibt gleich.“ (Experteneinschätzung)

„Für die winterliche Frosthärtung unserer Gehölze ist weniger der erste Frosteintritt als ein verlässlicher winterlicher Temperaturverlauf bedeutend, ein Auf-und-Ab wie diesen Winter [2015]-möglicherweise noch mit einem kräftigen Spätfrost- ist dagegen auch für frostharte Gehölze unter Umständen sehr schädlich. Frostrisse und Frostplatten am Stamm, die Holz zersetzenden Pilzen den Zutritt eröffnen, sind bei Jungbäumen dann oft die Folge.“ (Experteneinschätzung)

Vgl. auch Klimakenngröße Spätfröste → Kapitel 4.3.34

Definition

Frost bei Feuchte: Tage pro Jahr mit Minimumtemperaturen zwischen -5 °C und -7 °C bei einer Tagesniederschlagssumme $\geq 0,1\text{ mm}$

Frostwechseltage: Anzahl der Tage mit Höchsttemperatur über 0 °C und Tiefsttemperatur unter 0 °C pro Jahr

Wirtschaft (Bauwesen)

Bauwerke sind zumeist stark den örtlichen Witterungsverhältnissen ausgesetzt, die eine Alterung und eine fortschreitende Schädigung des Bauwerks zur Folge haben. Die überwiegende Mehrzahl an Infrastrukturbauwerken in Baden-Württemberg besteht aus Beton und ist den lokal stark schwankenden Witterungseinflüssen ausgesetzt. Ein maßgebender Schädigungsmechanismus für diese Bauwerke stellt dabei der Frostangriff dar. Die Stabilität von Beton hängt u. a. von Temperatur und Feuchte ab. Schäden können entstehen, wenn Wasser in die Betonporen eindringt und dort gefriert („Frostsaugen“). Dabei spielen die Häufigkeit des Einfrierens, die Porenverteilung, die Geschwindigkeit des Einfrierens sowie der Temperaturverlauf in gefrorenem Zustand bei verfügbarem Wasser eine Rolle.

Ergebnisse von Betonproben ergaben, dass ein Frost-Tauwechsel in feuchtem Raum bei einer Tiefsttemperatur zwischen -5 und -7 °C am schadensanfälligsten ist.

Außerdem ist auch die Häufigkeit von Frostwechseln wichtig für den Frostangriff bei Beton, da die Häufigkeit des Einfrierens und Auftauens auf die Material-Dauerhaftigkeit wirkt. Dazu wurden im Folgenden Tage betrachtet, an denen die Höchsttemperatur über 0 °C und die Tiefsttemperatur unter 0 °C liegt.

KlimatologieFrost bei Feuchte

Im Kontrollzeitraum 1971-2000 traten in Baden-Württemberg durchschnittlich 2 bis 8 Tage pro Jahr auf, an denen der für die Betonschädigung kritische Temperaturbereich bei gleichzeitig verfügbarer Feuchte erreicht wurde. Dabei wurden in der Nordwesthälfte Baden-Württembergs und entlang des Rheins zwischen 1 und 3 Tagen beobachtet, während es in der Südwesthälfte 3 bis 8 Tage waren, mit den höchsten Werten in den höheren Lagen.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) lassen die Ergebnisse der Klimamodellberechnungen in ganz Baden-Württemberg eine Abnahme der für Betonschädigungen kritischen Tage erwarten, in den einzelnen Regionen um 1 bis 4 Tage. Für das Leitplanken-Ensemble sind die Änderungen in der nahen Zukunft ähnlich, in der fernen Zukunft (2071-2100) wird eine weitere Abnahme erwartet.

Frostwechseltage

Die Beobachtungen (1971-2000) zeigen zwischen 90 und 120 Frostwechseltage pro Jahr in den Höhenlagen von Schwarzwald, Schwäbischer Alb und Allgäu und zwischen 50 und 60 Tagen in den niedrigen Lagen entlang des Rheins und in der Region Rhein-Neckar.

In der nahen Zukunft (2021-2050) lässt das IMK-Ensemble eine Abnahme in der Zahl der Frostwechseltage in den meisten Regionen des Landes um 12 bis 16 Tage erwarten. Das Leitplanken-Ensemble zeigt nur in wenigen Regionen signifikante Abnahmen um 6 bis 12 Tage, während geringere Abnahmen in den größten Landesteilen statistisch nicht signifikant sind. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in ganz Baden-Württemberg zwischen 16 und 28 Frostwechseltage weniger erwartet.

Frost bei Feuchte

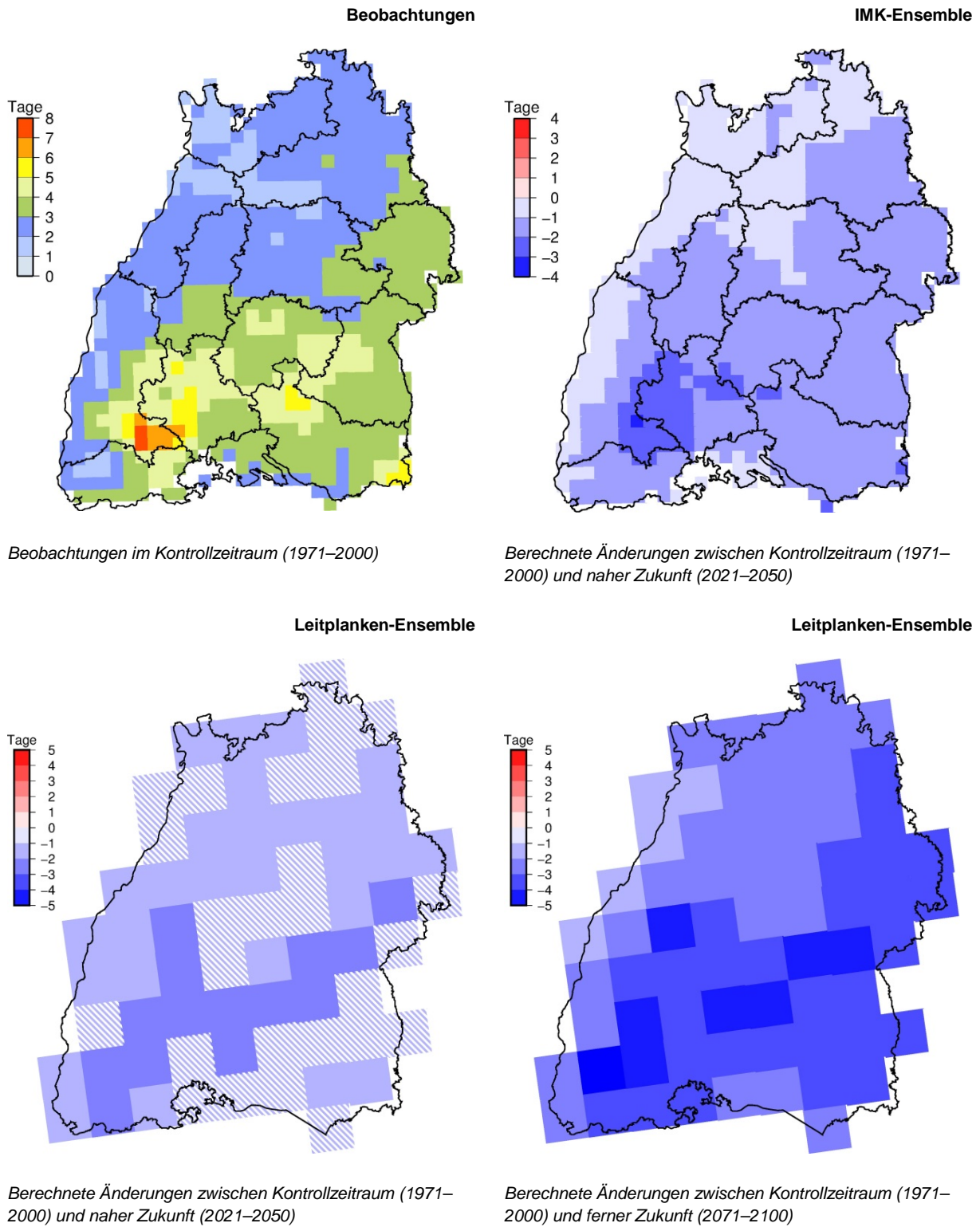
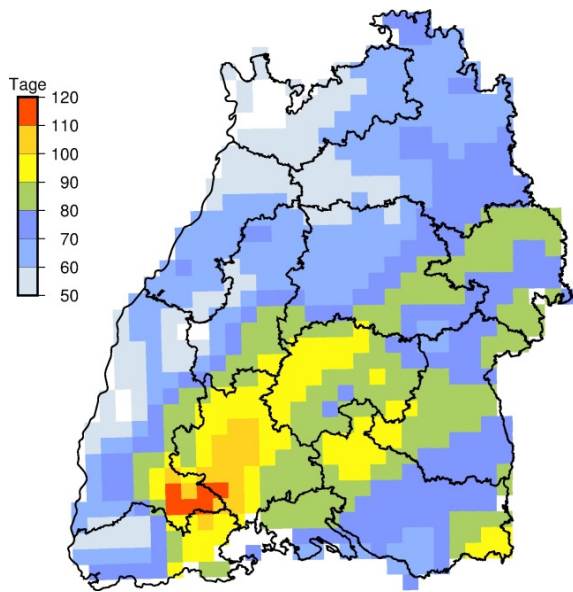


Abbildung 58: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frost bei Feuchte“

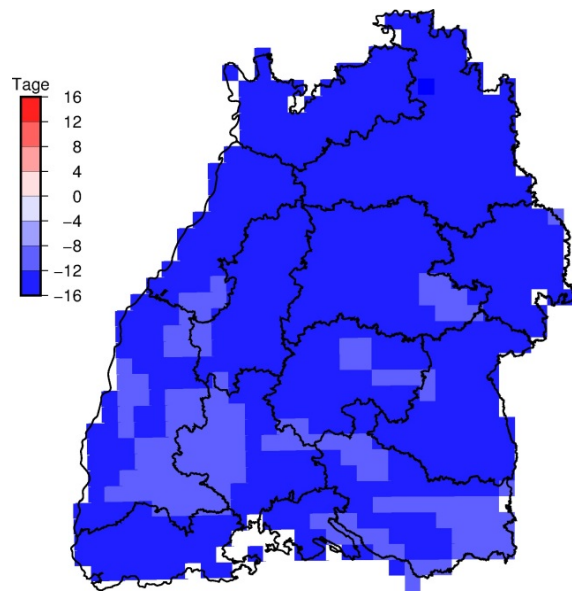
Frostwechseltage

Beobachtungen



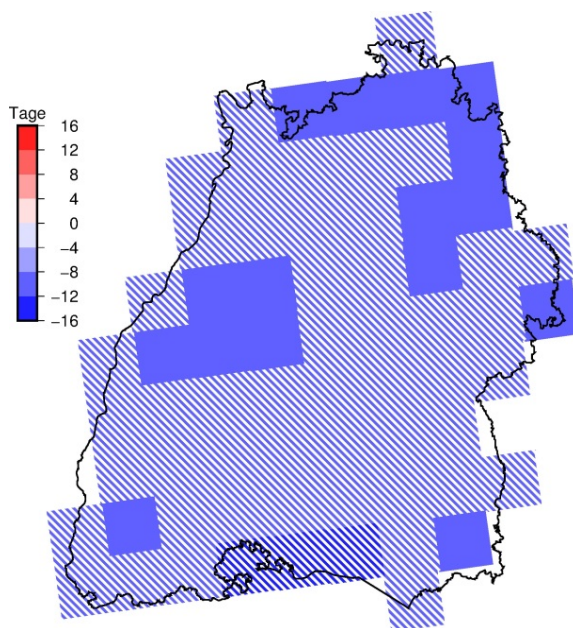
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



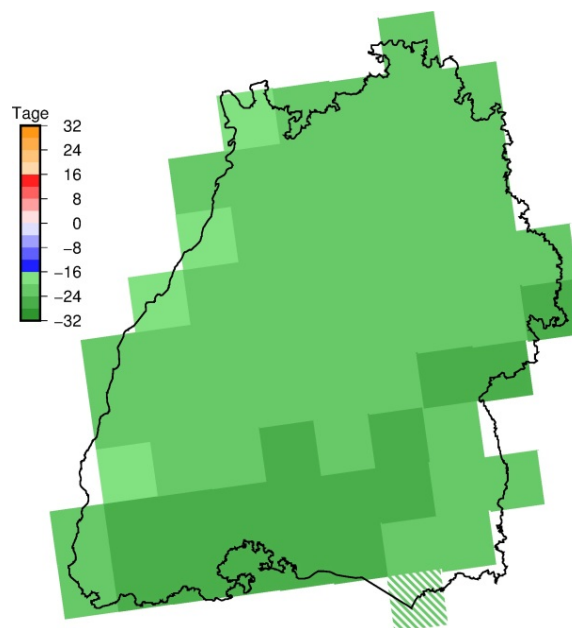
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2071–2100)

Abbildung 59: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frostwechseltage“

Frost bei Feuchte

Tabelle 18: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frost bei Feuchte)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	1,6	2,4	3,1	3,7	7,6
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0,5	2,6	4,3	6,6	15,8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000					
IMK-Ensemble	1971-2000	0,9	2,6	3,7	4,8	11,8
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0,1	1,7	2,7	4,3	13,0
IMK-Ensemble	2021-2050	0,4	1,6	2,3	3,2	10,4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0,0	0,8	1,4	2,5	8,3

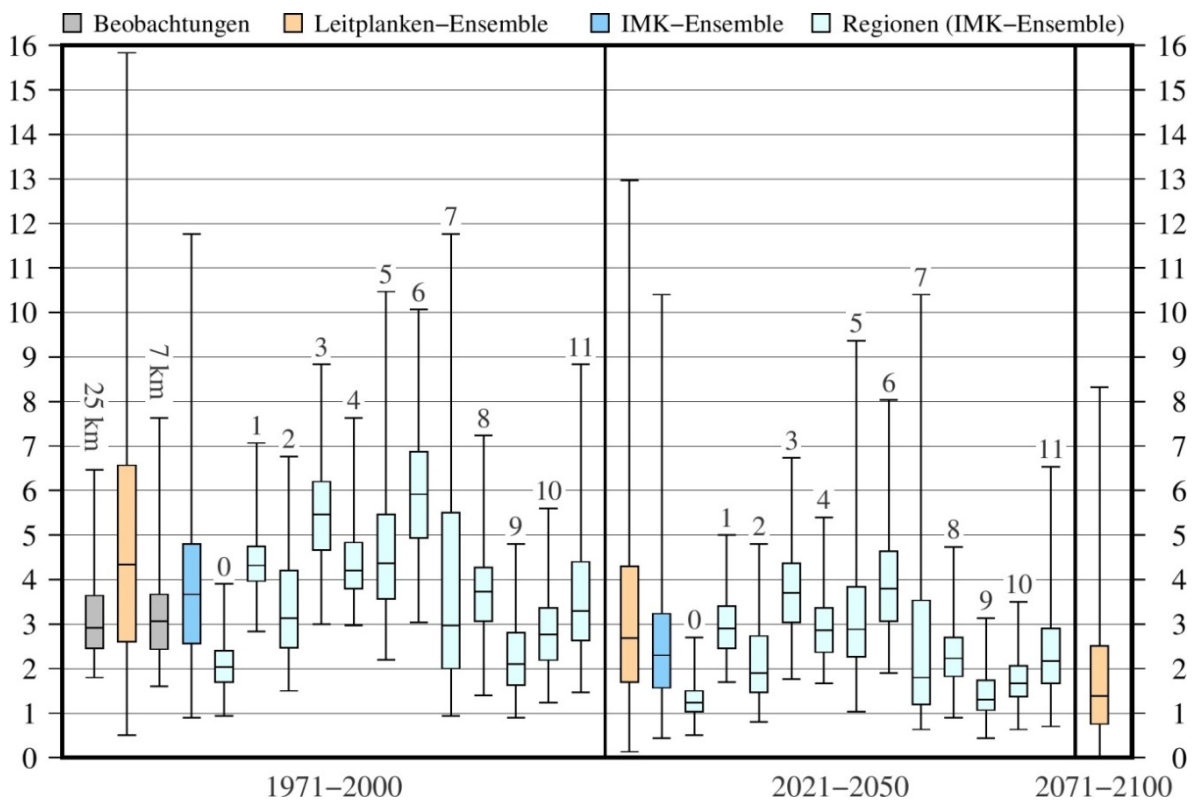


Abbildung 60: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frost bei Feuchte)

Frostwechseltage

Tabelle 19: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frostwechseltage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	50.2	65.5	73.0	83.2	111.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	16.0	44.3	54.7	70.3	148.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	47.0	64.5	75.1	84.2	114.9
IMK-Ensemble	1971-2000	38.0	65.0	77.7	88.8	119.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	8.9	33.2	44.8	58.2	134.0
IMK-Ensemble	2021-2050	21.5	51.3	64.1	76.6	110.2
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	2.6	22.5	32.4	44.6	112.5

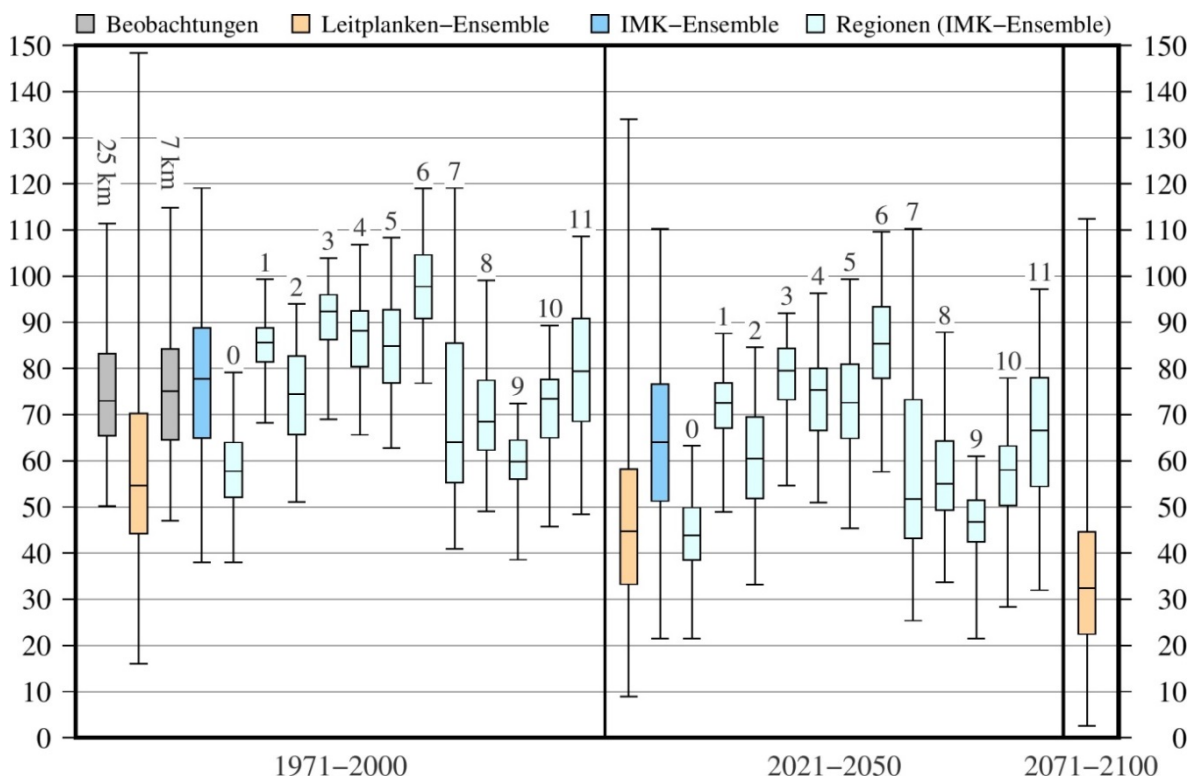


Abbildung 61: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frostwechseltage)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Anzahl der Tage mit Tagestiefsttemperatur unter 0 °C pro Jahr

Boden (Bodenbearbeitung)

Frosttage sind ein Indiz für gefrorene Böden. Auf einem gefrorenen Boden können wegen seiner Tragfähigkeit schwerere Geräte eingesetzt werden, während ungefrorene und damit instabilere Böden Schaden nehmen können. Sind die Böden im Winter bei fehlendem Bodenfrost zu nass, werden beim Befahren die Böden verformt und es entstehen Spurrillen. Die Böden sind an diesen Stellen verdichtet. Eine Verdichtung wirkt nachteilig auf Entwicklung und Eigenschaften des Bodens, beispielsweise auf die Porenstruktur, die Durchlüftung und damit auch den Wasser- und Stoffhaushalt (z. B. Humusumsatz, Wasseraufnahme). Eine geringere Anzahl an Frosttagen könnte den Humusumsatz in Zukunft im Winterhalbjahr fördern und dadurch die Bodenqualität verändern (siehe ebenfalls Klimakenngröße „Sehr heiße Tage oder Frosttage“ → Kapitel 4.3.32). Die Böden könnten seltener mit schweren Geräten befahren werden, was sich nachteilig auf die land- und forstwirtschaftlichen Arbeiten im Winter auswirken könnte.

Eine Anpassungsmaßnahme hinsichtlich des Befahrens besteht eigentlich nur darin, bei abgetrocknetem Boden (auch dann ist er tragfähiger und weniger verdichtungsanfällig) zu fahren. Das kann in einem feuchten Herbst oder Frühjahr schwierig werden – u. U. kommen nur wenige Tage in Frage, was zu Arbeitsspitzen führen kann. Konservierende Bodenbearbeitung, vor allem Direktsaat, führt zu einer höheren Lagerungsdichte in den oberen Bodenschichten, sodass der Boden im Vergleich zur Pflugbearbeitung ebenfalls tragfähiger wird.

Forstwirtschaft (Baumfällarbeiten)

Dass sich das Befahren möglichst auf gefrorenen Boden konzentriert, ist auch ein wichtiges Thema für die Forstwirtschaft.

Landwirtschaft (Bodenbearbeitung, Schädlingsbekämpfung)

„Wenn die Böden an weniger Tagen des Jahres gefroren sind, wäre eine Befahrung nur noch selten möglich. Außerdem würde die Ausbildung einer guten Frostgare, die eine günstige Bodenstruktur schafft, seltener bzw. erschwert. Je nach Dauer und Eindringtiefe werden bei Frost auch Schädlinge dezimiert. Diese natürliche Schädlingsbekämpfung wird durch weniger Frosttage geschwächt. Bei sehr wenigen oder keinen Frosttagen könnte das oft erwünschte Abfrieren der Zwischenfrüchte nicht mehr gewährleistet sein. Umgekehrt könnten die Häufigkeit von starken Kahlfrösten mit der Gefahr des Auswinterns von Kulturen und die Gefährdung von Sonderkulturen durch Spätfröste seltener werden; dies ist freilich nicht gesichert.“ (Experten-einschätzung)

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Winterdienst)

Bei gleichzeitigem Niederschlag besteht an Frosttagen die Gefahr von Glätte und Schnee. Dadurch müssen eventuell Streu- oder Räumfahrzeuge ausrücken (siehe auch: Klimakenngrößen „Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“ → Kapitel 4.3.46 und „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“). “ → Kapitel 4.3.45). Frost kann jedoch auch Straßen beschädigen, sofern durch bestehende Risse Wasser in den Belag eindringen kann. Bei einer durchschnittlich sinkenden Anzahl an Frosttagen pro Jahr könnte sich die Zahl der Straßenschäden verringern.

Klimatologie

Die Beobachtungen für Baden-Württemberg liegen im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich bei knapp 100 Frosttagen pro Jahr. Dabei gibt es im höher gelegenen Breisgau-Hochschwarzwald die häufigsten Frosttage, bis zu 135 pro Jahr. Die wenigsten Frosttage treten im Flachland entlang des Rheins auf. Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

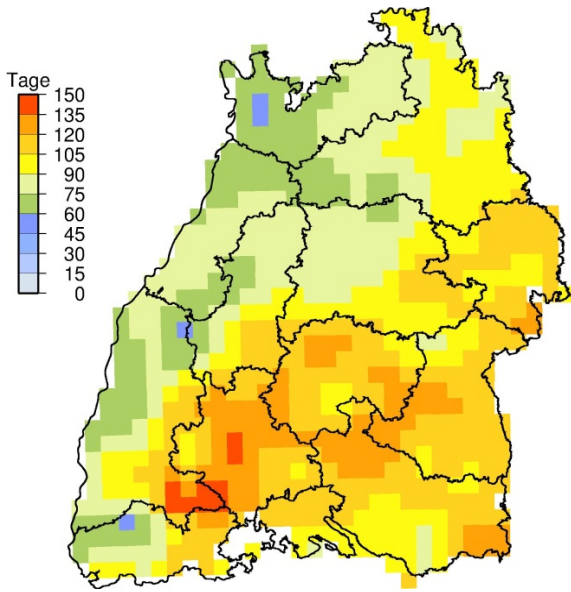
Die Berechnungen mit Klimamodellen erwarten für ganz Baden-Württemberg sowie die einzelnen Regionen in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble, Leitplanken-Ensemble) eine Abnahme der Anzahl an

Frosttagen pro Jahr. Im Nordosten und Südwesten Baden-Württembergs ist die erwartete Abnahme mit zwischen 20 und 30 Frosttagen weniger pro Jahr am größten. In den Regionen Hochrhein-Bodensee, Schwarzwald-Baar-Heuberg und der Neckar-Alb ist dagegen nur mit 10 bis 20 Frosttagen weniger pro Jahr zu rechnen. Anhand des Box-Whisker-Plots ist die erwartete Abnahme der Anzahl an Frosttagen ebenfalls zu erkennen. Der berechnete Median für Baden-Württemberg für die Periode 2021 bis 2050 (IMK-Ensemble) sinkt von knapp 100 auf durchschnittlich 80 Frosttage pro Jahr. In allen Regionen wird von den Klimamodellen eine Abnahme der Frosttage erwartet.

In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in den größten Teilen des Landes Abnahmen um 30 bis 50 Frosttage pro Jahr erwartet.

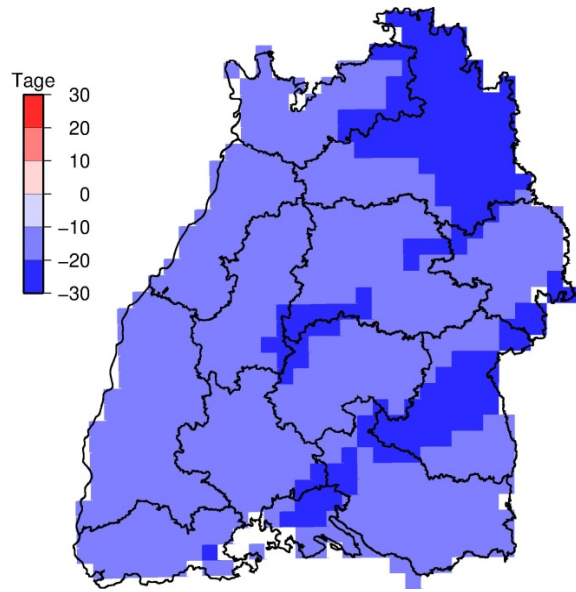
Zu beachten bleibt aber eine hohe Schwankungsbreite zwischen den Jahren, sodass auch weiterhin einzelne Jahre mit einer hohen oder niedrigen Anzahl an Frosttagen auftreten werden.

Beobachtungen



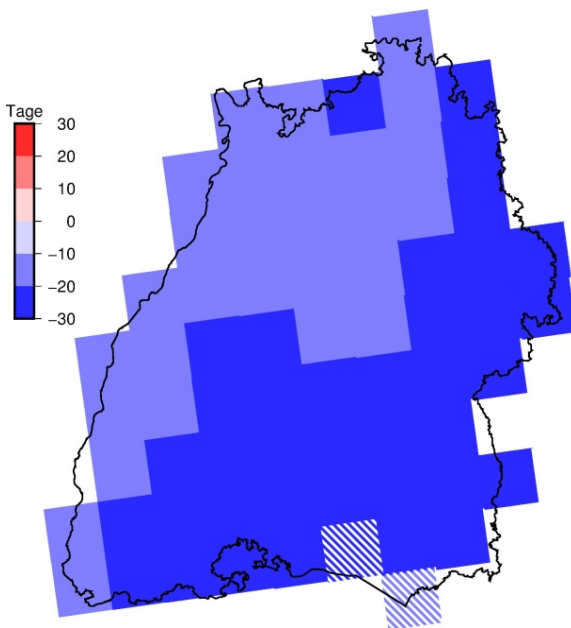
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



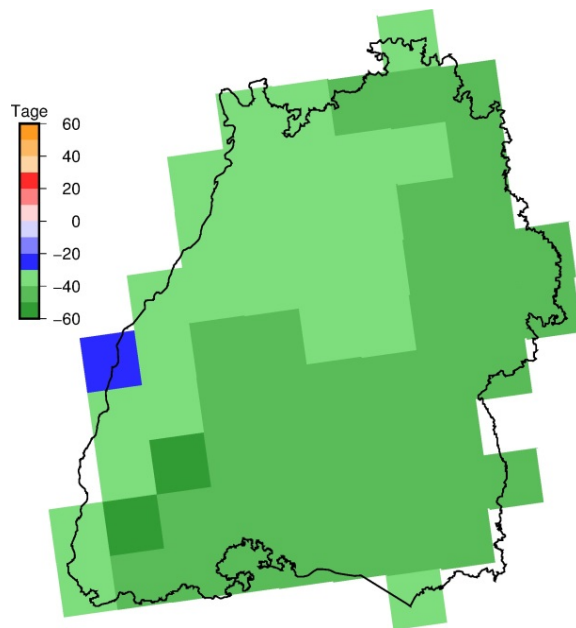
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2071–2100)

Abbildung 62: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frosttage“

Tabelle 20: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frosttage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	63.8	80.8	94.2	110.4	135.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	19.8	63.4	83.3	98.7	157.5
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	57.7	81.0	98.1	111.0	140.4
IMK-Ensemble	1971-2000	49.3	81.3	98.8	113.1	143.4
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	10.8	46.6	62.6	77.7	137.1
IMK-Ensemble	2021-2050	25.8	63.2	79.0	94.4	128.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	3.1	26.0	38.9	52.8	114.8

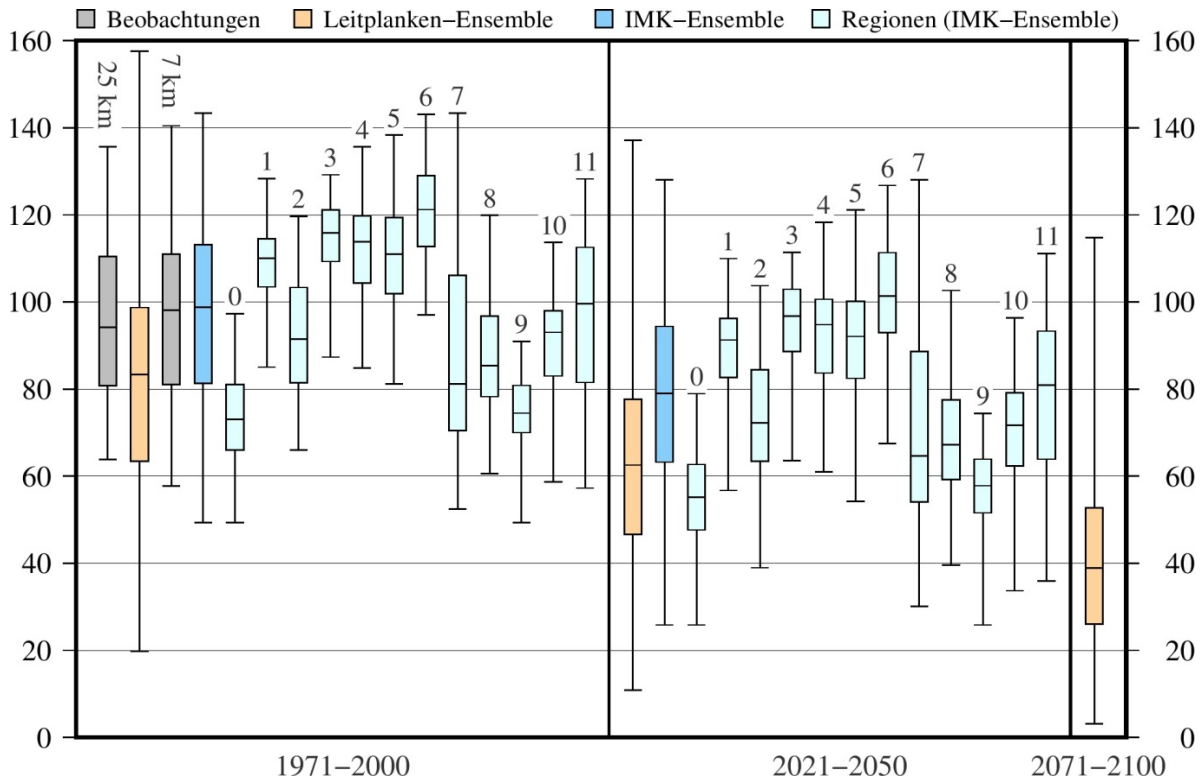
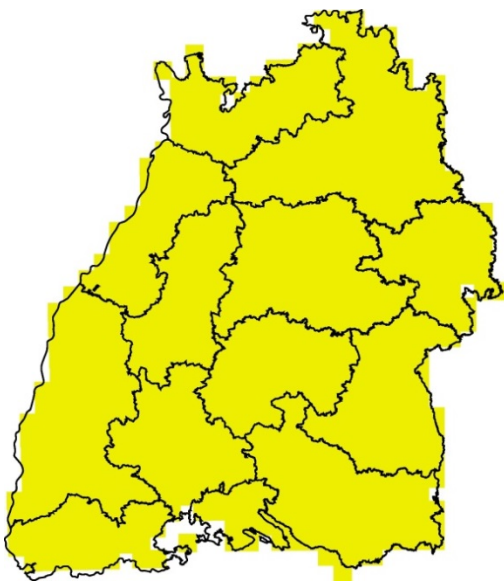


Abbildung 63: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frosttage)

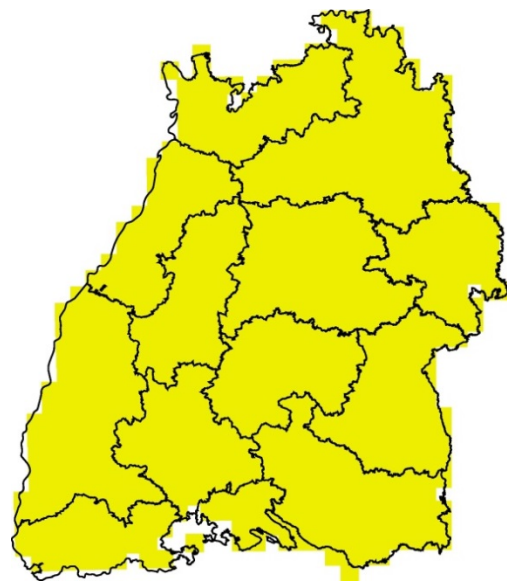
Sensitivitätsampel
Boden

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg	gelb	Keine Angabe	+30 %	„Verdichtungsmindernde Land-/Forstmaschinen und –technik, angepasste Feldkulturen, Bodenfeuchte-Grenzwerte für Befahrbarkeit“ (Experteneinschätzung)

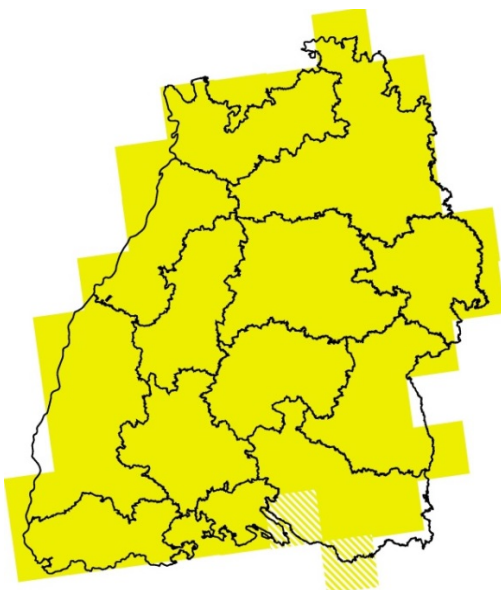
Beobachtungen (1971 - 2000)



IMK-Ensemble (2021 – 2050)



Leitplanken-Ensemble (2021 – 2050)



Leitplanken-Ensemble (2071 – 2100)

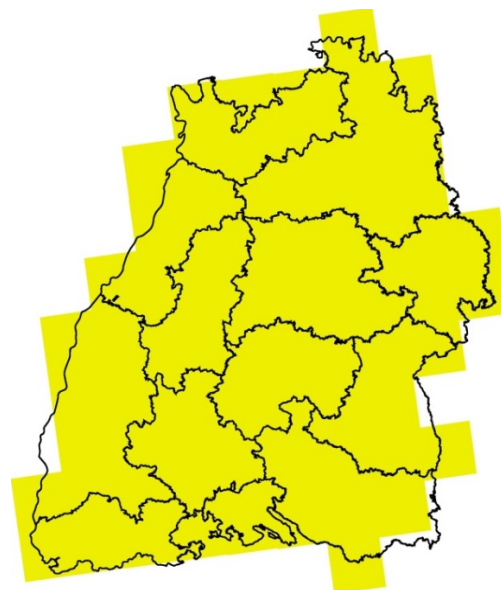


Abbildung 64: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Frosttage“

Landwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Regional unterschiedlich und vor allem von Jahr zu Jahr verschieden.	grün	„Nicht verlässlich anzugeben“	„Nicht verlässlich anzugeben“	„Bei nur wenigen Frosttagen im Jahr muss bei den landwirtschaftlichen Arbeiten verstärkt darauf geachtet werden, dass der Boden tragfähig genug ist (trocken, konservierend bearbeitet). Eventuell werden mehr Pflanzenschutzmaßnahmen notwendig, einerseits weil mehr Schädlinge den Winter überstehen, andererseits weil Zwischenfrüchte u.U. nicht mehr zuverlässig abfrieren.“ (Experteneinschätzung)

Definition

Als Grenze für den Heizbedarf ist eine Tagesmitteltemperatur von 15 °C definiert. Für alle Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter diesem Wert liegt, wird die Differenz zu 20 °C aufsummiert, was als die angestrebte Raumtemperatur definiert ist.

Die jährliche Summe über die Monate September bis Mai (Heizperiode) ist die Klimakenngröße Gradtagzahl in Kelvin (K).

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Energieversorgung)

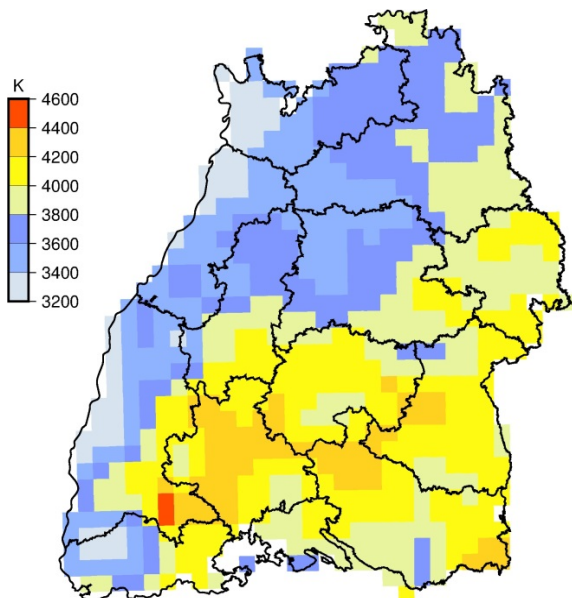
Der Energieverbrauch eines Gebäudes besteht grob aus zwei Teilen: dem Energiebedarf aufgrund der Nutzung und dem je nach Klima des Standortes bedingten Verbrauch. Um den klimatisch bedingten Energieverbrauch eines Gebäudes zu quantifizieren, sind verschiedene Modelle entwickelt worden, die unterschiedliche meteorologische Größen berücksichtigen. Eines dieser Modelle, die Gradtagzahl, berücksichtigt dabei nur die Außentemperatur, kann jedoch gut als Abschätzung für den Verbrauch verwendet werden.

Klimatologie

Die Gradtagzahl liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) zwischen 3.200 K entlang des Rheins, in der Nordwesthälfte Baden-Württembergs bis 3.800 K und bis zu 4.400 K in der Südosthälfte. Die Berechnungen der Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

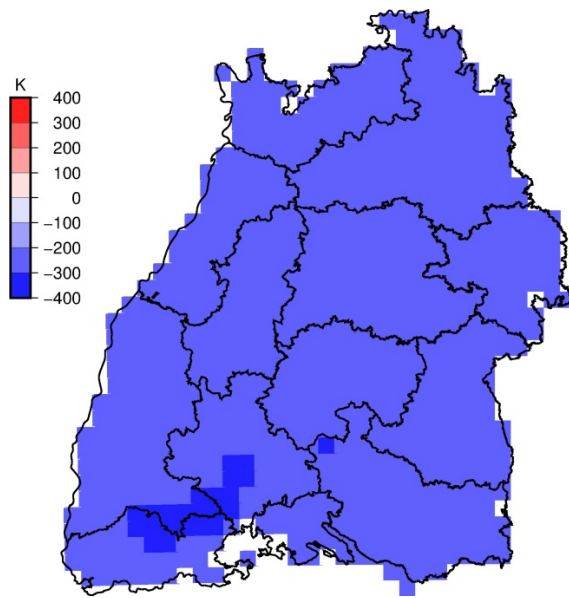
Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird in ganz Baden-Württemberg eine Abnahme zwischen 200 und 300 K erwartet, in kleinen Gebieten im Südwesten des Landes bis 400 K (IMK-Ensemble) bzw. zwischen 300 und 400 K im ganzen Land (Leitplanken-Ensemble). In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) könnten die Abnahmen im ganzen Land zwischen 600 und 900 K betragen.

Beobachtungen



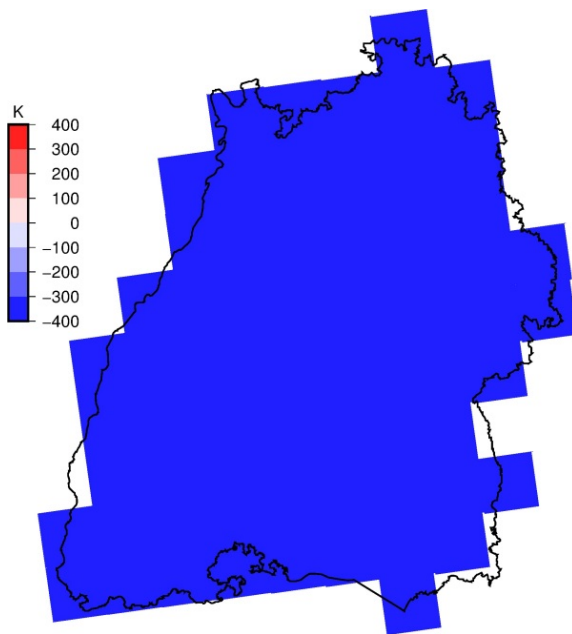
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



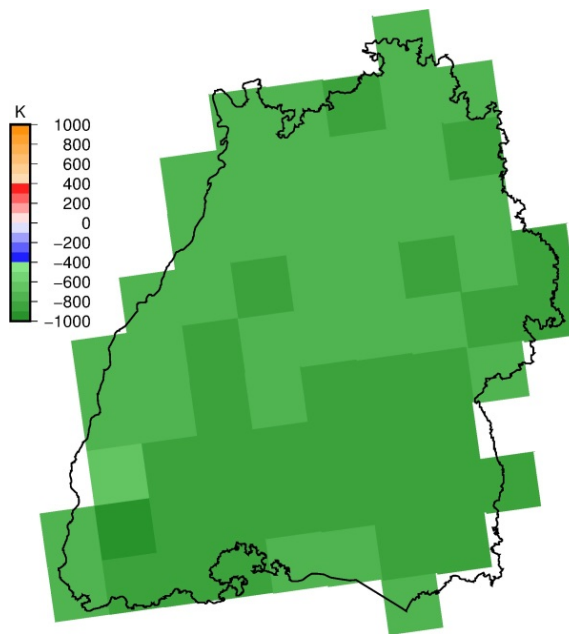
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2071–2100)

Abbildung 65: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Gradtagzahl“

Tabelle 21: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Gradtagzahl)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	3311	3636	3851	4044	4365
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	3104	3620	3856	4058	4642
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	3248	3635	3886	4053	4451
IMK-Ensemble	1971-2000	3224	3642	3891	4093	4821
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	2840	3327	3519	3723	4254
IMK-Ensemble	2021-2050	2687	3344	3598	3809	4587
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	2371	2876	3056	3224	3825

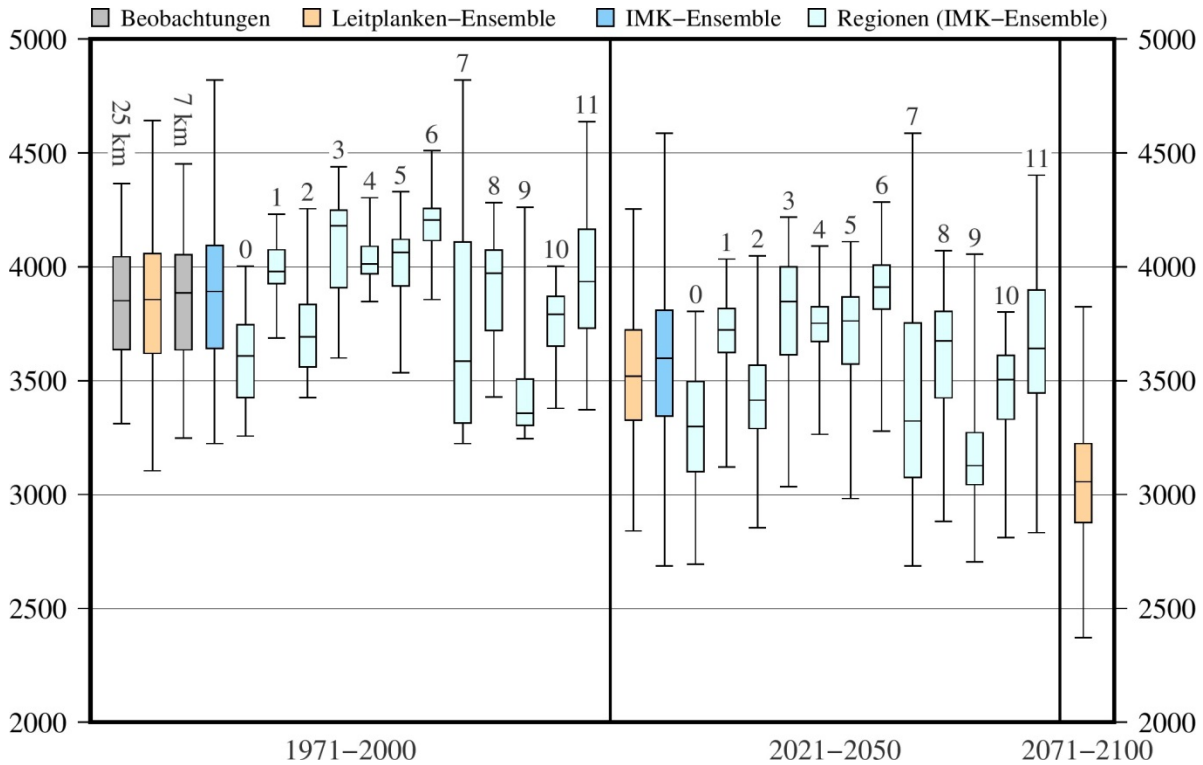


Abbildung 66: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Gradtagzahl)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Anzahl der Tage in Mai, Juni, Juli und August mit 5 mm oder mehr Niederschlag

Gesundheit (Biometeorologie)

Der Pollenflug von Graspollen ist stark von den Wetterbedingungen abhängig. Gräser setzen ihre Pollen aktiv frei, indem sie in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit das Öffnen ihrer Staubbeutel (Antheren) steuern können. Dadurch verläuft die Gräserblüte kontinuierlich, im Gegensatz zu Baumpollen (die Freisetzung erfolgt passiv, erst wenn diese ausreichend ausgetrocknet sind, werden sie vom Wind mitgenommen). Im Tagesverlauf treten die höchsten Belastungen ab den späten Vormittagsstunden auf. Ein allergologisch relevanter Pollenflug kann in Folge bis in die frühen Abendstunden anhalten. Im ländlichen Raum sowie im Umfeld von Mähwiesen tritt am Vormittag die höchste Belastung auf, innerhalb von städtischen Siedlungsgebieten sind es eher die Nachmittagsstunden, in denen ein höherer Gräserpollenflug auftreten kann (aus Pollenflugprognose Kärnten 2014).

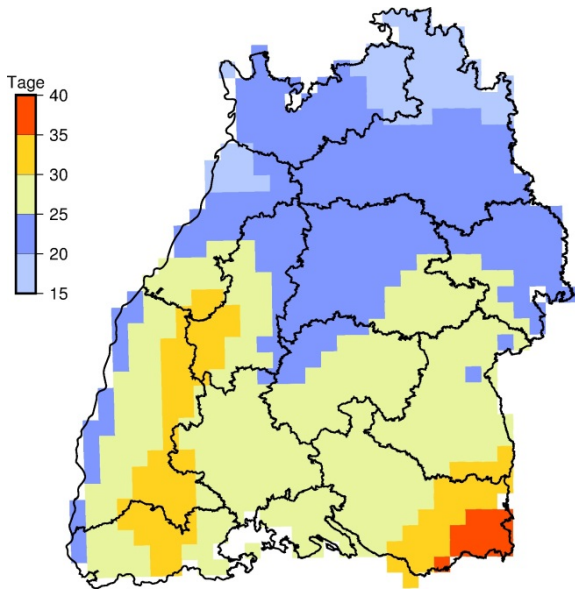
Die Klimakenngröße „Auswaschpotential von Graspollen“ beruht auf der Annahme, dass der (skalige) Niederschlag während der Blütezeit für die Auswaschung von Pollen relevant ist. Niederschlag kann also zu niedrigeren Pollenbelastungen führen.

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) liegt die Zahl der Tage, an denen das günstige Bedingungen für die Auswaschung von Graspollen auftreten, zwischen 20 und 25 in der Nordhälfte Baden-Württembergs und bei 30 bis 35 Tagen in der Südhälfte, im Allgäu bis 40.

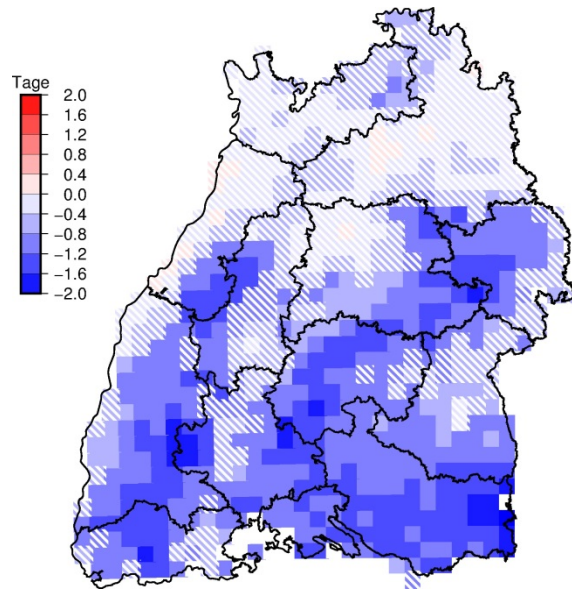
Für die Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) wird eine leichte Abnahme der Anzahl der Tage erwartet, die jedoch nur kleinräumig in Baden-Württemberg signifikant ist. Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird besonders im Westen, Norden und Südosten eine Abnahme der Tage um etwa 2 Tage erwartet.

Beobachtungen



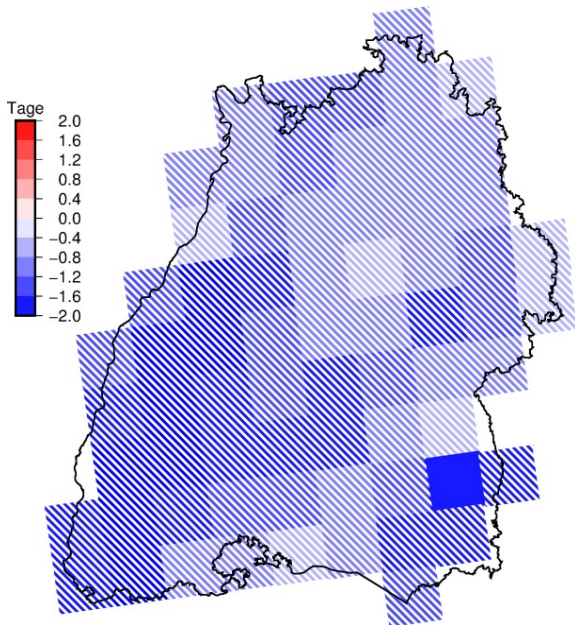
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



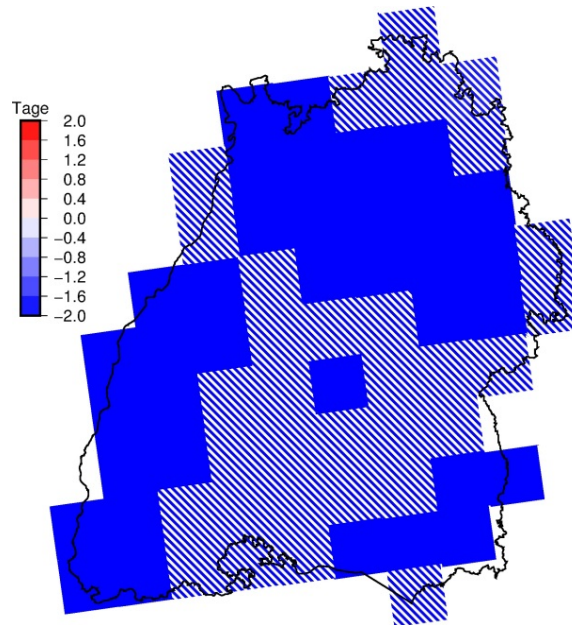
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 67: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen“

Tabelle 22: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	17.4	21.8	25.3	27.5	34.8
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	11.5	21.2	25.1	30.1	61.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	17.2	22.1	25.6	27.7	39.0
IMK-Ensemble	1971-2000	15.1	21.4	23.7	26.6	41.4
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	10.5	20.0	23.7	28.8	58.3
IMK-Ensemble	2021-2050	14.1	20.7	23.0	25.6	40.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	8.8	17.3	20.9	25.8	54.8

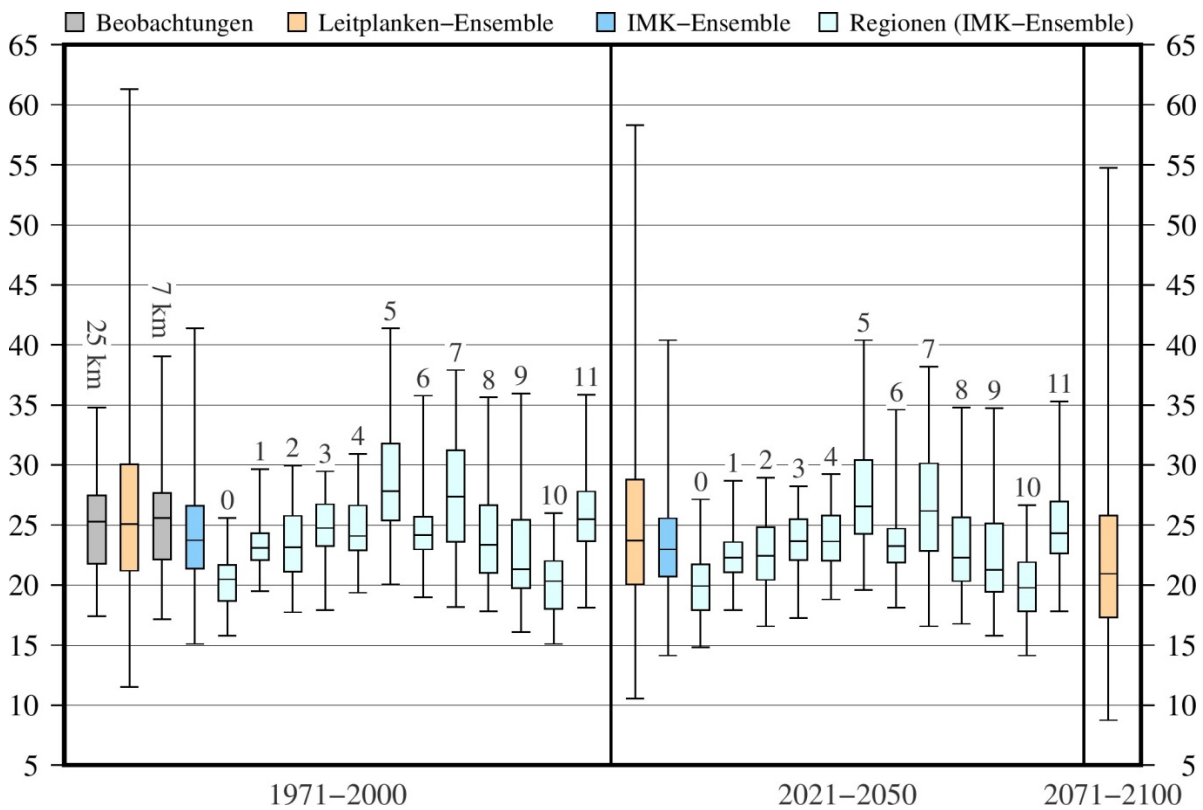


Abbildung 68: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	„Reduzierung der Luftschadstoffe. Denn die mit Luftschadstoffen behafteten Pollen setzen mehr Allergene frei im Vergleich zu unbelasteten Pollen.“ (Experteneinschätzung)

Definition

Anzahl der Tage zwischen April und August mit einer Tageshöchsttemperatur zwischen 20 °C und 30 °C bei einer mittleren relativen Luftfeuchte von mindestens 80 % und weniger als 0,5 mm Niederschlag.

Landwirtschaft (Weinbau)

Der echte Mehltau (*Erysiphe necator*, auch *Oidium tuckeri*) gehört (zusammen mit dem falschen Mehltau, vgl. auch die Klimakenngröße „Günstige Wetterbedingungen für den falschen Mehltau“ → Kapitel 4.3.12) zu den gefährlichsten Pilzkrankheiten an Weinreben. Er kann sich entwickeln, wenn hohe Tagestemperaturen mit hoher Luftfeuchte in der Nacht zusammenkommen. Ab einer Temperatur von etwa 20 °C können sich die Pilzsporen gut entwickeln. Bei hoher Luftfeuchte in der Nacht können sie dann die Pflanzen und auch die Trauben infizieren, sofern es keine Blattnässe gibt. Relevant für eventuelle Ertragseinbußen ist dabei, in welchem Entwicklungsstadium sich die Trauben befinden. Der echte Mehltau stellt zwischen April und August eine Gefahr für die Weinreben und die Trauben dar. Später im Jahr, wenn der Säuregehalt in der Traube sinkt und der Zuckergehalt steigt, kann der Pilz keine Schäden mehr verursachen.

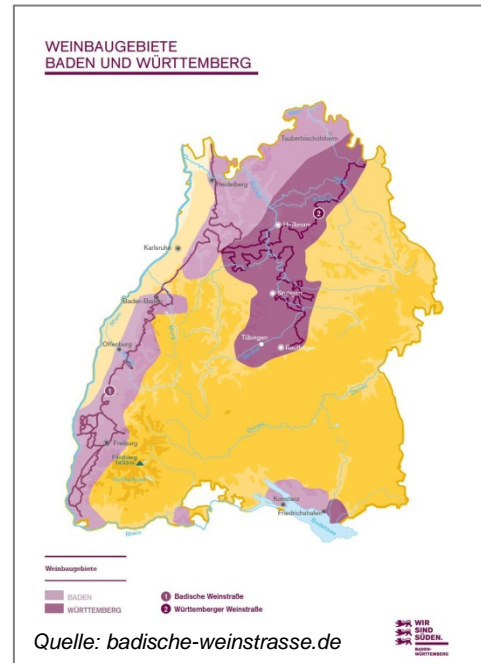
Da in der Literatur unterschiedliche Werte für günstige Wetterbedingungen für den echten Mehltau zu finden sind, wurde als erste Näherung oben genannte Definition zur Berechnung der Klimakenngröße verwendet (Hillebrand et al., 1995).

In der Berechnung ist nicht berücksichtigt, ob Weinbau in einer Region grundsätzlich überhaupt möglich ist. Deswegen sind die berechneten Werte für diese Klimakenngröße nicht für alle Regionen Baden-Württembergs gültig, sondern müssen stets in Zusammenhang mit weiteren Randbedingungen für den Weinbau betrachtet werden (siehe Karte rechts).

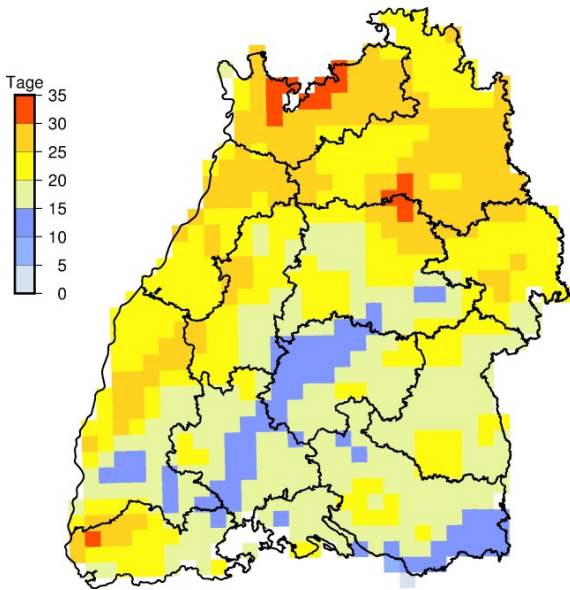
Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) berechnen die Klimamodelle eine durchschnittliche jährliche Anzahl von Tagen, an denen sich der echte Mehltau gut entwickeln könnte, zwischen 20 und 30 in den Regionen Südlicher und Mittlerer Oberrhein, Rhein-Neckar und Stuttgart.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) wird in diesen Regionen eine Zunahme um bis zu 4 Tage erwartet. Das Leitplanken-Ensemble zeigt keine statistisch signifikanten Änderungen in der nahen und fernen (2071-2100) Zukunft.

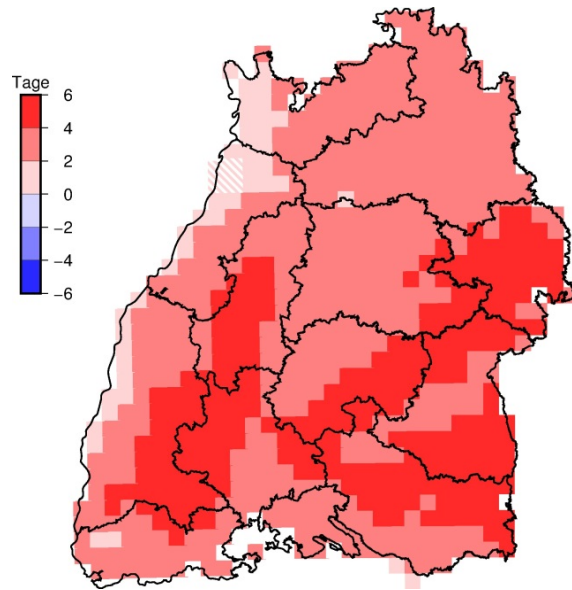


Beobachtungen



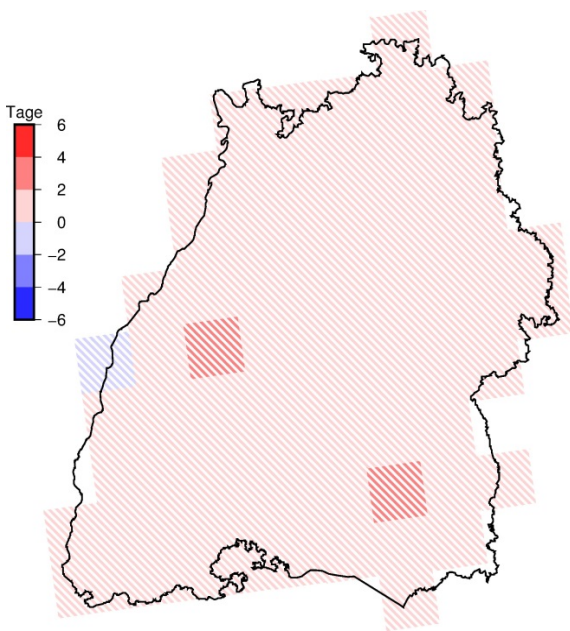
Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

IMK-Ensemble



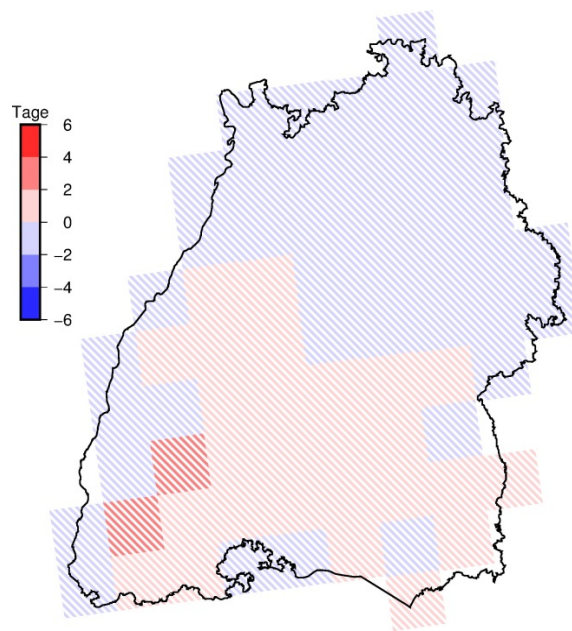
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 69: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau“

Tabelle 23: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000					
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	3.3	7.3	12.0	31.6
Beobachtungen (7 km)	1971-2000					
IMK-Ensemble	1971-2000	1.2	22.5	28.0	34.4	48.7
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.1	3.8	7.6	13.8	32.6
IMK-Ensemble	2021-2050	2.3	27.2	33.5	39.3	54.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	5.1	10.6	13.8	25.0

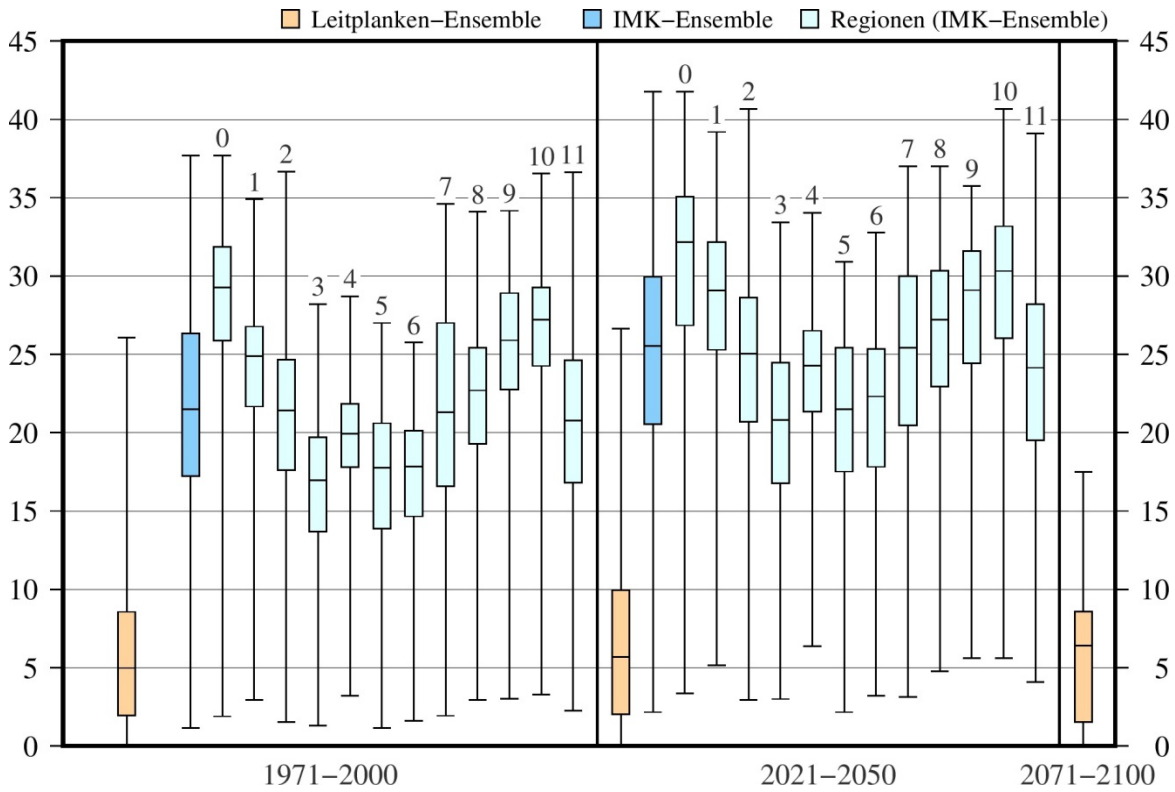
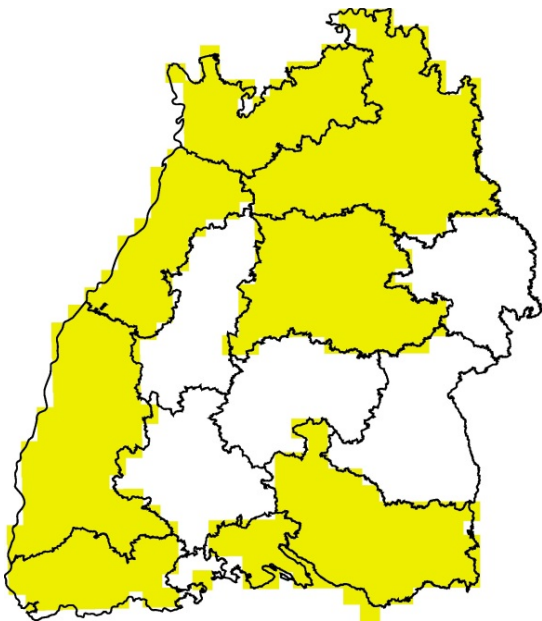


Abbildung 70: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Weinbauregionen Baden und Württemberg	gelb	Keine Angabe	+20 %	„Die größte Zunahme an Tagen für gute Entwicklungsbedingungen ist in Regionen zu sehen, in denen kein Weinbau betrieben wird, also werden sich in den Weinbauregionen die Anpassungsmaßnahmen wohl in Grenzen halten bzw. nur schleichend greifen.“ (Experteneinschätzung)

Mittelwert IMK-Ensemble (1971 - 2000)



IMK-Ensemble (2021 – 2050)

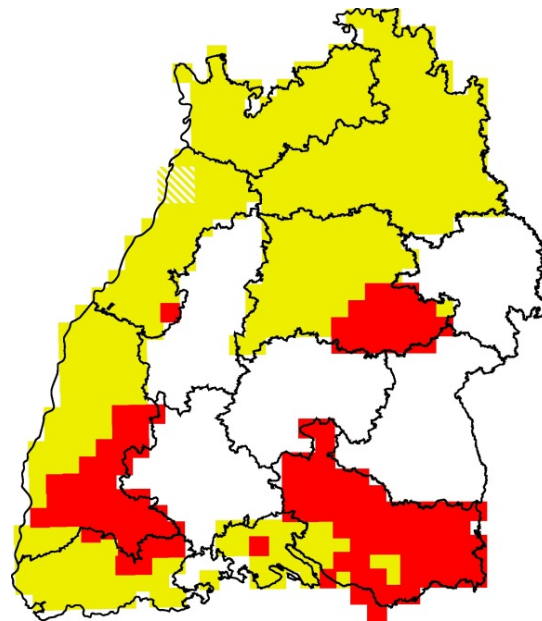


Abbildung 71: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau“

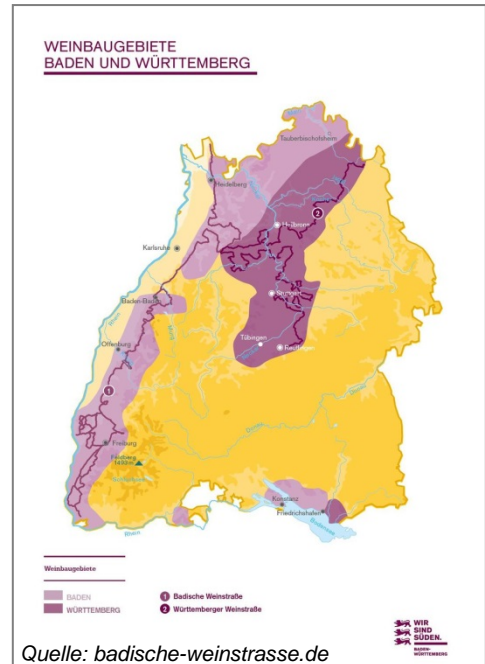
Definition

Tage pro Jahr mit einer Tiefsttemperatur kleiner gleich -7 °C im November, Dezember oder Januar

Landwirtschaft (Weinbau)

Günstige Wetterbedingungen für die Lese von Eiswein treten an Tagen auf, an denen starker Frost auftritt. In der Berechnung ist nicht berücksichtigt, ob Weinbau in einer Region grundsätzlich überhaupt möglich ist. Deswegen sind die berechneten Werte für diese Klimakenngröße nicht für alle Regionen Baden-Württembergs gültig, sondern müssen stets in Zusammenhang mit weiteren Randbedingungen für den Weinbau betrachtet werden (siehe Karte rechts).

Damit Eiswein gelesen werden kann, muss das Wasser in den Trauben gefroren sein. Üblicherweise ist dazu mindestens einmalig eine Temperatur von -7 °C am frühen Morgen nötig. Dabei muss schon zur normalen Erntezeit entschieden werden, ob Trauben für den Eiswein hängen gelassen werden, obwohl nicht sicher ist, dass Temperaturen von unter -7 °C eintreten werden. Die Eisweinlese ist außerdem nur möglich, wenn die Trauben gesund und noch nicht von pilzlichen Schädlingen befallen sind, sodass die Lese meist nur in November, Dezember und Januar erfolgen kann.



Durch eine erwartete Abnahme an Tagen für die Eisweinlese in der Zukunft steigt die Unsicherheit für Weingüter, ob es lohnt, Trauben für die Eisweinlese hängen zu lassen. Wichtig für diese Entscheidung sind dabei auch die Nachfrage nach Eiswein und damit der erzielbare Preis.

WINTER-WEIN

Erster starker Frost ermöglicht Eiswein-Lese in der Ortenau

Ein herrlicher Wintermorgen nach einer sternklaren Nacht mit knackigem Frost hat in Rammersweier, Zell-Weierbach und Durbach den Startschuss zur Eisweinlese in Offenburg gegeben.

Quellen: <http://www.badische-zeitung.de/kenzingen/muskateller-eiswein-mit-193-oechsle--116339778.html> (Zugriff: 21.01.2016)

Muskateller Eiswein mit 193 Öchsle

Winzer der WG Kenzingen-Hecklingen-Bombach lesen bei Minus 8,5 Grad Trauben am Schlossberg.

Helfer der WG Kenzingen-Hecklingen-Bombach bei der Eisweinlese am Hecklinger Schlossberg. Mostausbeute: 200 Liter. Foto: Privat

Quellen: <http://www.badische-zeitung.de/offenburg/erster-starker-frost-ermoeglicht-eiswein-lese-in-der-ortenau--116293429.html> (Zugriff: 21.01.2016)

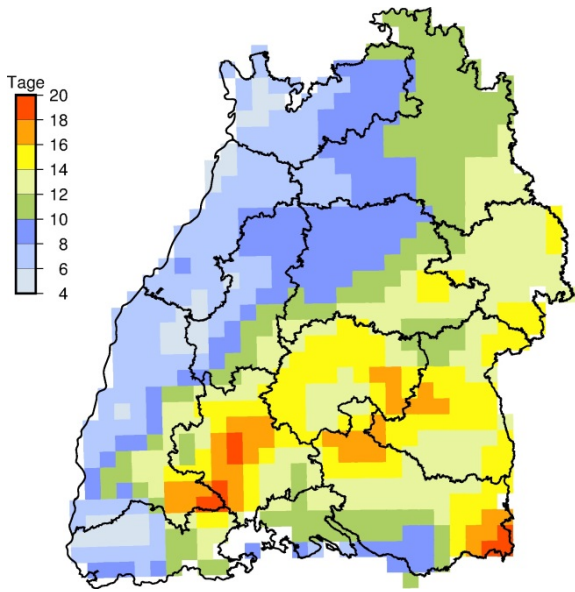
Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971–2000) liegt die beobachtete Anzahl an Tagen mit günstigen Wetterbedingungen für Eiswein für Baden-Württemberg bei etwa 11 Tagen im Jahr. Dabei gibt es in den Weinanbaugebieten des Südlichen und Mittleren Oberrheins sowie in der Region Rhein-Neckar 4 bis 10 Tage. In den Regionen der Schwäbischen Alb und den höheren Lagen des Schwarzwaldes (Schwarzwald-Baar-Heuberg) werden zwar 10 bis 20 Eisweintage pro Jahr berechnet, hier ist aber zu beachten, wo Weinbau überhaupt möglich ist. Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

Für alle Regionen wird in Zukunft (2021-2050) eine Abnahme erwartet. In der Oberrhein-Region liegt sie bei 1 bis 2 Tagen (IMK- und Leitplanken-Ensemble). Anhand des Box-Whisker-Plots ist eine Abnahme der Häufigkeit an Eisweintagen in allen Regionen Baden-Württemberg zu erkennen. Der Median verringert sich von ca. 11 Tagen im Kontrollzeitraum auf ca. 8 Tage pro Jahr in der nahen Zukunft (2021–2050, IMK-Ensemble). In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) verringert sich die erwartete Zahl an Tagen mit Eisweinlese weiter um 3 bis 5 Tage entlang des Oberrheins.

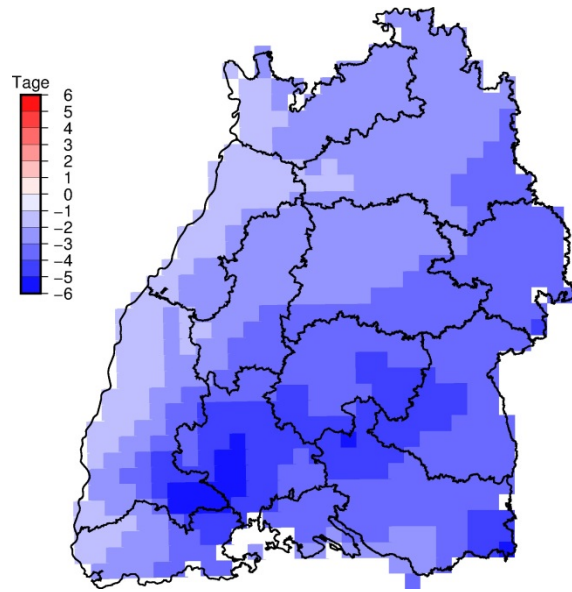
Zu beachten ist, dass es lokal es gibt natürlich Stellen gibt, die (auch kaltluftbedingt) stärker frostgefährdet sind. Solche kleinräumigen Unterschiede können die Klimamodelle in ihrer heutigen Auflösung nicht wiedergeben.

Beobachtungen



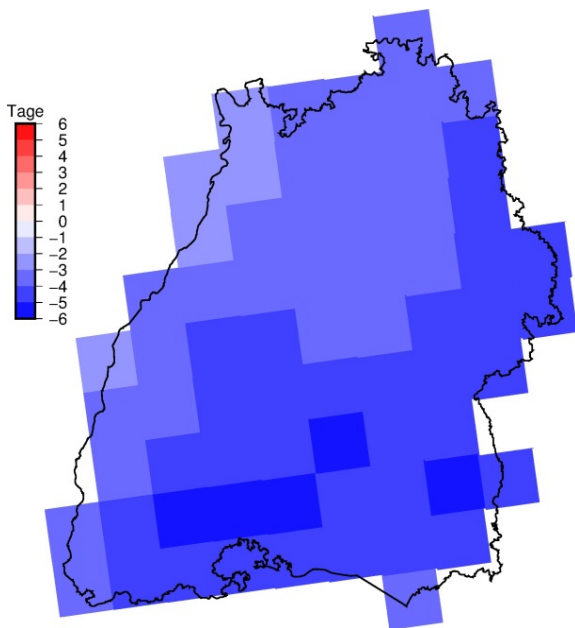
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



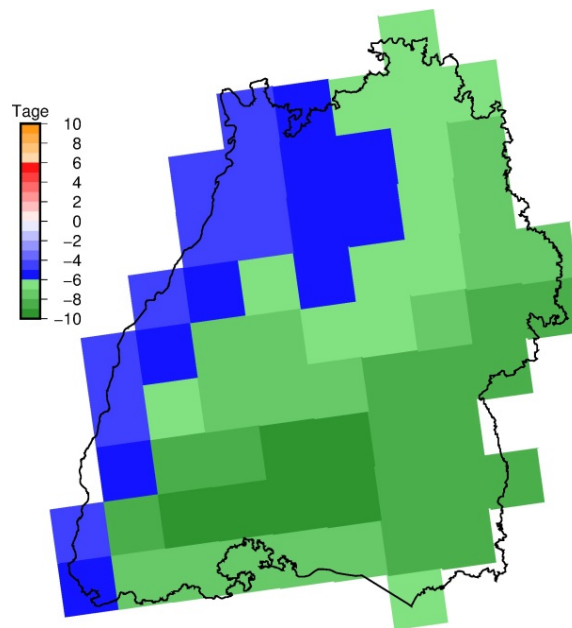
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 72: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Eiswein“

Tabelle 24: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Eiswein)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	5.8	7.9	10.9	13.5	17.5
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.9	5.2	7.8	11.3	28.5
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	4.2	8.4	11.3	13.6	19.6
IMK-Ensemble	1971-2000	4.4	8.3	11.1	13.3	20.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.2	2.8	4.1	6.4	20.8
IMK-Ensemble	2021-2050	1.5	6.1	7.9	9.9	16.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.5	1.1	2.7	13.8

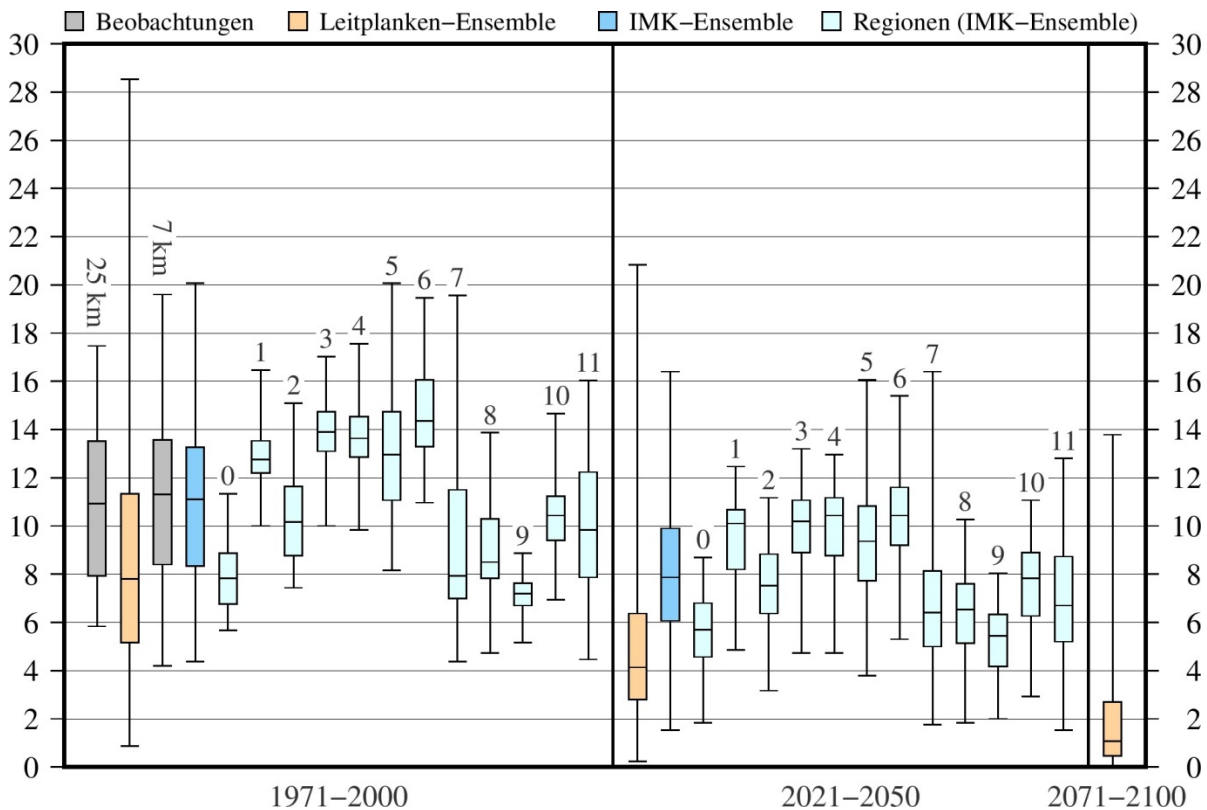
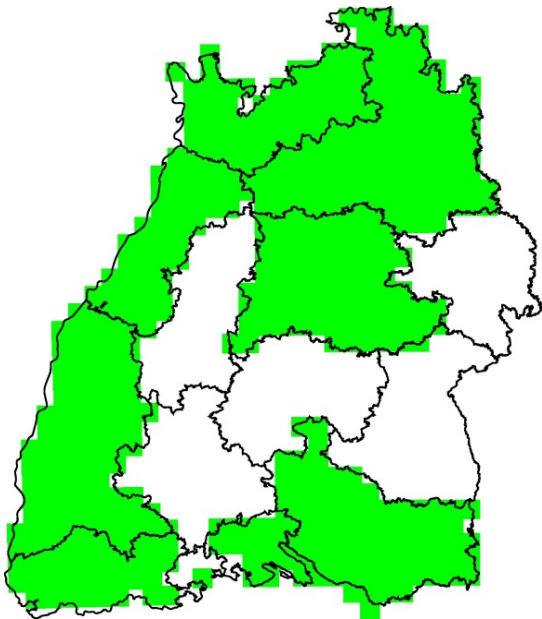


Abbildung 73: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Eiswein)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Für die Weinbau-regionen Baden und Württemberg	grün	-20 %	Keine Angabe	„Es wird weniger Eiswein gelesen werden. Der Eiswein wird teurer werden oder ganz verschwinden.“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen (1971 – 2000)



IMK-Ensemble (2021 – 2050)

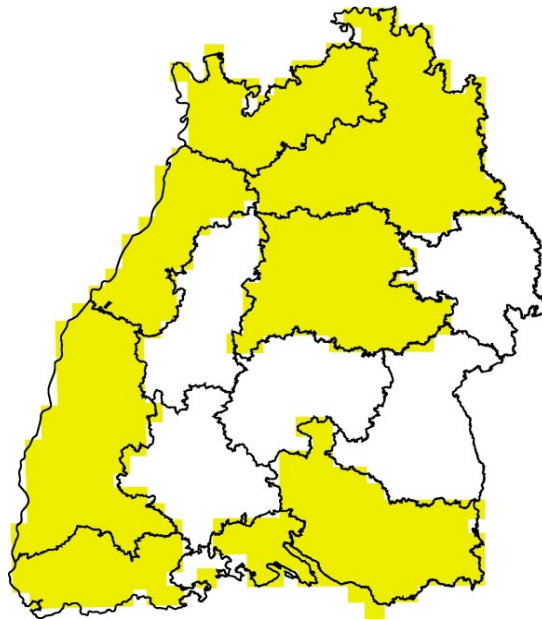


Abbildung 74: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Günstige Wetterbedingungen für Eiswein“

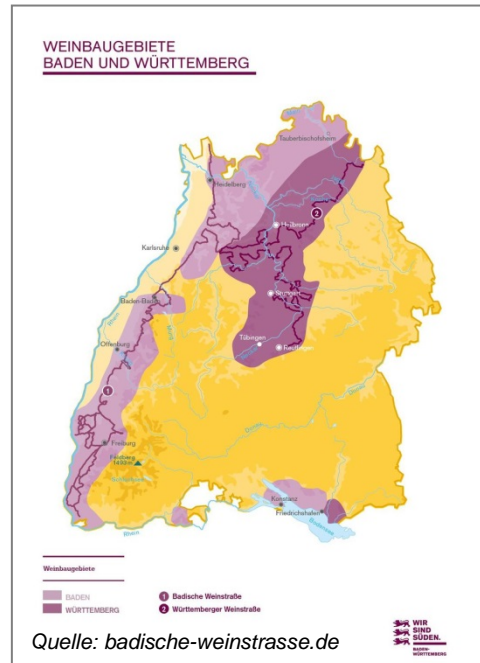
Definition

Anzahl der Tage zwischen April und August mit einer Tagesmitteltemperatur über 8 °C, Tageshöchsttemperatur mindestens 20 °C und Tagesniederschlagssumme größer 2 mm

Landwirtschaft (Weinbau)

Der falsche Mehltau (*Plasmopara viticola*, auch *Peronospora*) gehört (zusammen mit dem echten Mehltau → Kapitel 4.3.10) zu den gefährlichsten Pilzkrankheiten an Weinreben. Er entwickelt sich bei feuchter Witterung und stellt zwischen April und August eine Gefahr für die Weinreben und die Trauben dar. Später im Jahr, wenn der Säuregehalt in der Traube sinkt und der Zuckergehalt steigt, kann der Pilz keine Schäden mehr verursachen. Dann können die Sporen, die aufgrund ihrer hohen Widerstandsfähigkeit überwintert haben, die Reben infizieren. Die Entwicklung des Pilzes beginnt im Frühjahr bei etwa 8 °C Bodentemperatur, bei Temperaturen ab 12 °C, mehrstündiger Blattnässe und hoher relativer Luftfeuchte kann sich der Pilz entwickeln.

Da in der Literatur unterschiedliche Werte für günstige Wetterbedingungen für den falschen Mehltau zu finden sind, wurde als erste Näherung oben genannte Definition zur Berechnung der Klimakenngröße verwendet (Hillebrand et al., 1995).



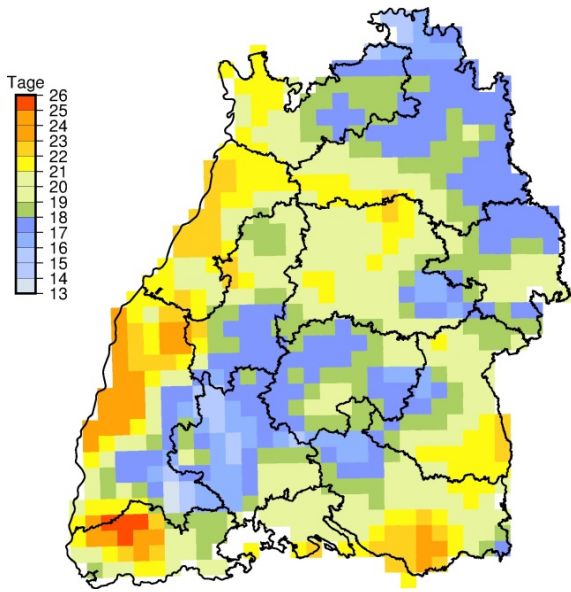
In der Berechnung ist nicht berücksichtigt, ob Weinbau in einer Region grundsätzlich überhaupt möglich ist. Deswegen sind die berechneten Werte für diese Klimakenngröße nicht für alle Regionen Baden-Württembergs gültig, sondern müssen stets in Zusammenhang mit weiteren Randbedingungen für den Weinbau betrachtet werden (siehe Karte rechts).

Klimatologie

Die Tage, an denen sich falscher Mehltau entwickeln kann, liegen im Kontrollzeitraum (1971-2000) bei etwa 19 bis 25 Tagen in den Weinbauregionen von Mittleren und Südlichem Oberrhein, Rhein-Neckar und Stuttgart.

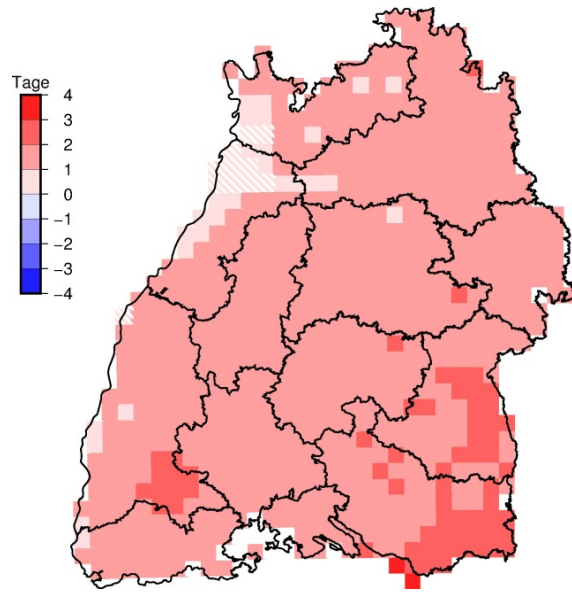
Für die Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble, keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplanken-Ensemble) lassen die Klimamodelle eine Zunahme dieser Tage um bis zu 2 Tage erwarten. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine Zunahme im ganzen Land zwischen 3 und 4 Tagen erwartet.

Beobachtungen



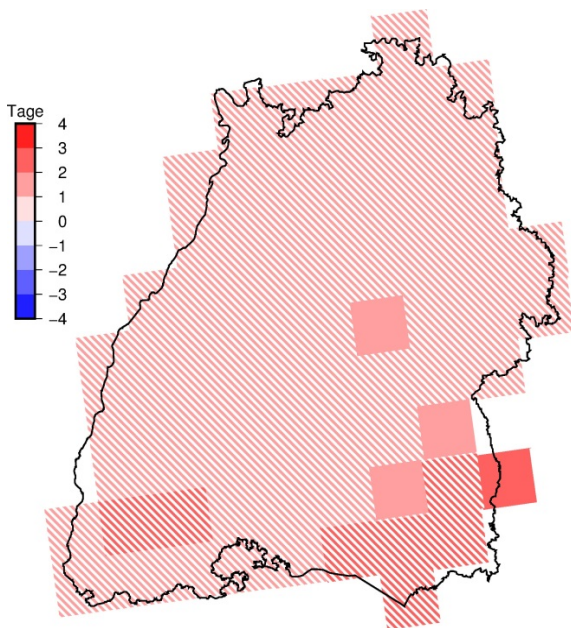
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



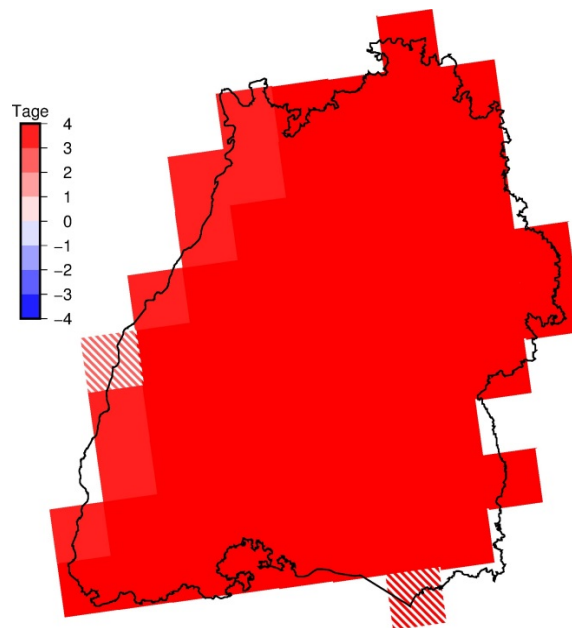
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 75: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau“

Tabelle 25: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	17.5	20.7	22.6	24.1	28.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.7	10.1	12.5	16.2	43.9
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	15.0	20.6	22.1	24.1	30.2
IMK-Ensemble	1971-2000	8.3	15.6	17.7	20.0	31.9
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	3.4	12.6	15.2	18.4	48.2
IMK-Ensemble	2021-2050	10.8	18.1	20.1	22.2	33.8
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	6.6	17.2	19.8	25.2	45.6

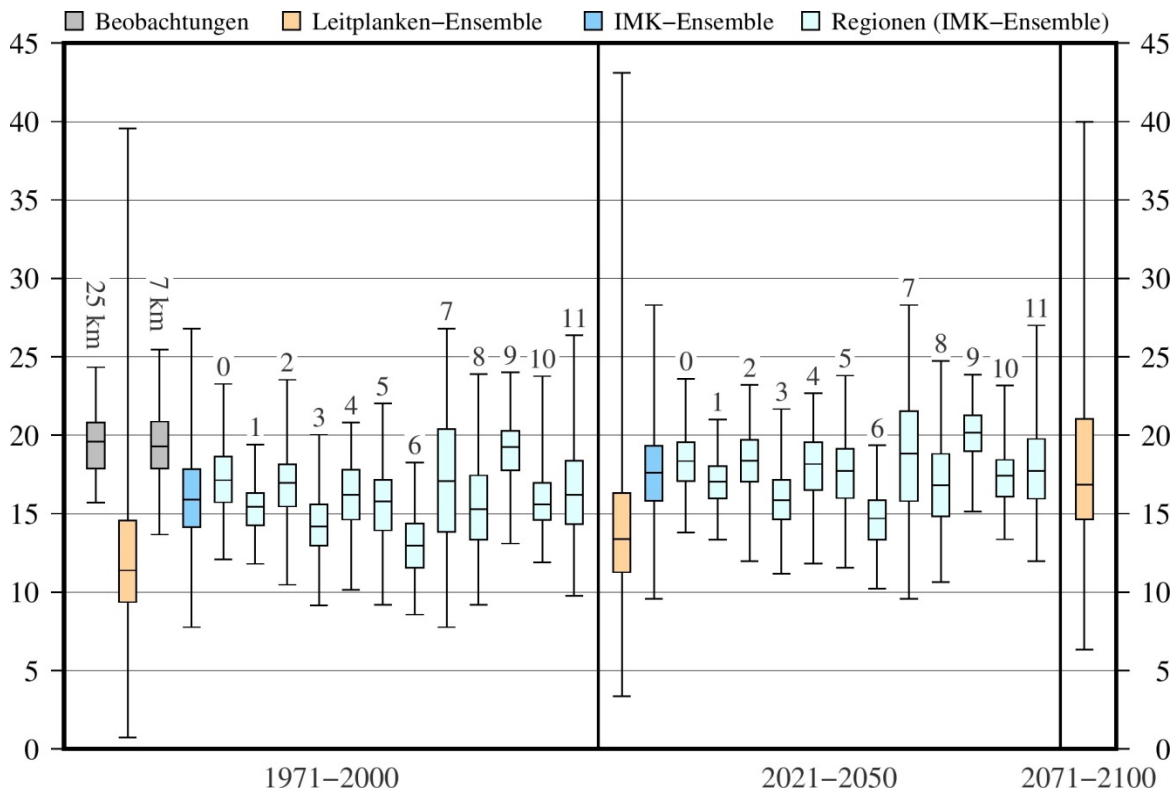


Abbildung 76: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Weinbauregionen Baden und Württemberg	gelb	Keine Angabe	Keine Angabe	„Wenn die Tage mit guten Bedingungen für falschen Mehltau deutlich steigen würden, müssten mehr Maßnahmen getroffen werden, um die Gesundheit der Weinreben zu erhalten, damit wäre ein höherer Mittelaufwand und damit höhere Kosten verbunden, das wird bei den vorausgesagten 1,5 Tagen wohl eher nicht der Fall sein.“ (Experteneinschätzung)

Definition

Anzahl Tage pro Jahr mit einer Tagesmitteltemperatur über 10 °C und einer Tageshöchsttemperatur nicht über 30 °C (Monate Mai bis September)

Landwirtschaft (Obstbau)

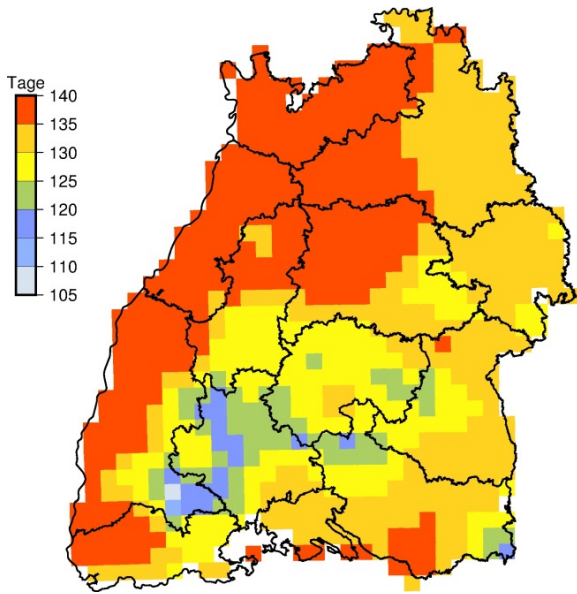
Grundsätzlich sind warme Sommertemperaturen positiv für Obstbäume, allerdings auch für Schädlinge. Die Kirschessigfliege verbreitet sich im Sommer daher stark, allerdings nur bei Temperaturen unter 30 °C. Darüber nimmt ihre Aktivität stark ab. Auch der Apfelwickler kann sich bei höheren Temperaturen stärker vermehren, da er im Sommer dann mehrere Generationen ausbilden kann. Bei zu hohen Temperaturen leidet allerdings auch die Qualität des Obstes selbst (vgl. auch Klimakenngröße „Heiße Tage“ → Kapitel 4.3.17).

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen sich die meisten Tage mit günstigen Bedingungen für Obstbau und Kirschessigfliege in den Regionen Mittlerer und Südlicher Oberrhein, Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken und Stuttgart mit bis zu 140 Tagen pro Jahr. Weniger Tage, zwischen 120 und 130, sind es in den höheren Lagen von Schwarzwald und Schwäbischer Alb. Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

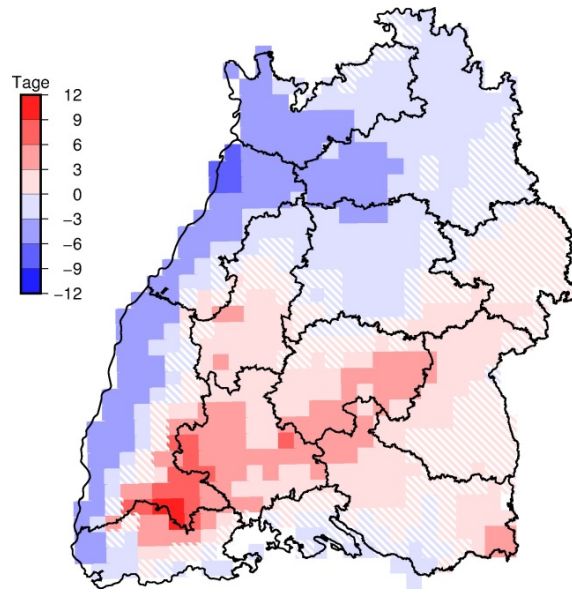
Für die Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) werden von den Klimamodellen leichte Änderungen erwartet. In der Rheinebene wird eine Abnahme um etwa 3 bis 6 Tage erwartet, die auf die höhere Anzahl an Hitzetagen zurückzuführen ist, wodurch Tage, die vorher günstige Bedingungen für Obstbau und Kirschessigfliege waren, herausfallen. In den höheren Lagen hingegen wird eine höhere Zahl an günstigen Tagen erwartet. Im Leitplanken-Ensemble sind die Ergebnisse für die nahe Zukunft (2021-2050) statistisch nicht signifikant, ebenso in weiten Teilen Baden-Württembergs für die ferne Zukunft (2071-2100). Hier werden signifikante Abnahmen um 9 bis 12 Tage pro Jahr entlang des Rheins und Zunahmen um 9 bis 12 Tage im Südschwarzwald erwartet.

Beobachtungen



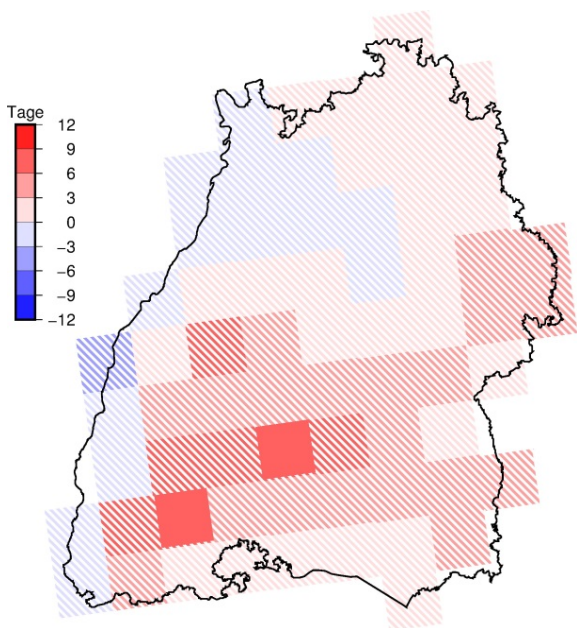
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



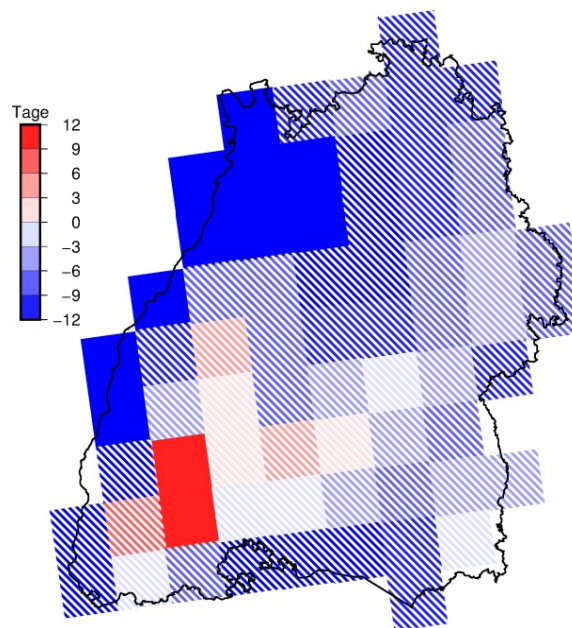
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 77: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege“

Tabelle 26: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	115.5	129.8	134.2	136.5	139.1
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	88.3	117.3	126.8	137.9	148.6
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	109.9	129.2	133.2	136.4	139.2
IMK-Ensemble	1971-2000	76.5	125.1	131.1	135.7	145.3
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	91.3	118.4	133.1	140.2	149.4
IMK-Ensemble	2021-2050	87.1	126.1	130.4	133.7	145.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	78.3	99.9	123.0	136.0	148.2

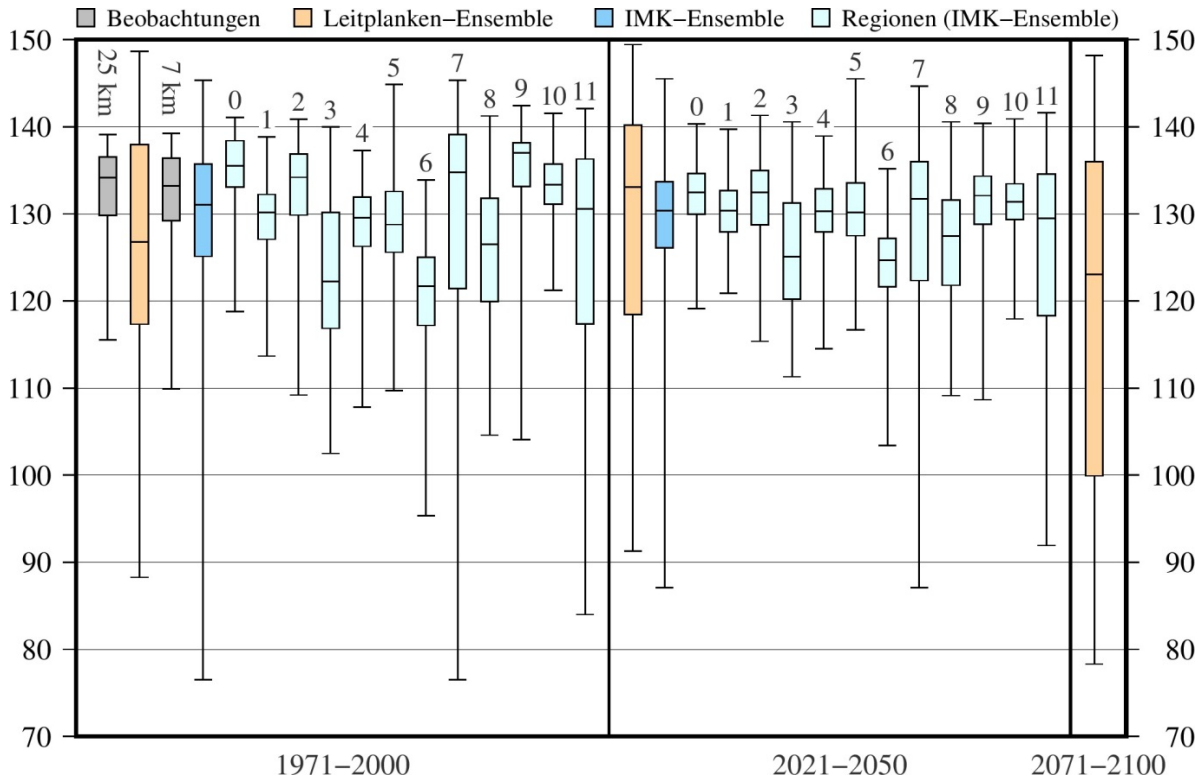


Abbildung 78: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Mittlerer Oberrhein und Südlicher Oberrhein	rot	Keine Angabe	+10 %	<p>„Gegenspieler, Biotechnische Maßnahmen, Insektizide?“</p> <p>„Durch die Erhöhung der Vegetationstage wird auch die Population der Kirschessigfliege (KEF) relativ konstant bleiben, selbst wenn die Hitzetage über 30 °C zunehmen werden. Hier gibt es bisher zu wenige detaillierte Kenntnisse über die Biologie der KEF.“ (Experteneinschätzung)</p>

Definition

Blühperiode der Birke zwischen 101. und 131. Tag des Jahres (1971-2000) bzw. zwischen 95. und 125. Tag des Jahres (2021-2050) bzw. zwischen 88. und 120. Tag des Jahres (2071-2100)

Verbreitung Birkenpollen: Tage im Blühzeitraum mit weniger als 0,5 mm Tagesniederschlag

Auswaschung Birkenpollen: Tage im Blühzeitraum mit mehr als 5 mm Tagesniederschlag

Gesundheit (Biometeorologie)

Für die Belastung von Allergikern spielt eine Rolle, wie viele Pollen sich in der Luft befinden. Pollenzahl und Allergenzahl sind nicht unbedingt identisch / in Zusammenhang, aber Pollenzahl ist der einzige praktische / messbare Indikator. Bäume, die Allergien auslösen, sind vor allem Hasel, Erle und Birke. Darüber hinaus könnten Olive und Zypresse zukünftig eine Rolle spielen, da sie zunehmend in Süddeutschland auftreten und in milden Wintern überleben können.

Die genauen Einflussfaktoren auf Pollenfreisetzung, Pollengehalt der Luft und Anzahl der Allergene sind schwierig zu quantifizieren, aber die Birke ist recht gut untersucht. Die Februar-/März-Temperatur ist für die Birke relevant, denn es gibt eine Korrelation von Blühbeginn zu Wärmesummen der Temperatur. Wenn eine entsprechende Temperatursumme erreicht wird, beginnt die Warnung vor Pollenflug durch den Deutschen Wetterdienst. Für die Birke wurden die Zeitpunkte für Blühbeginn und –ende und die Entwicklung der Vegetationsperiode in der Zukunft durch den Deutschen Wetterdienst untersucht und für das vorliegende Projekt zur Verfügung gestellt. Diese Daten werden im Folgenden für die Abgrenzung der Blühperiode der Birke verwendet. Demnach liegt der Beginn der Blühperiode im Mittel über Baden-Württemberg im Zeitraum 1971-2000 am 101. Tag des Jahres, das Blühende am 131. Tag. In der nahen Zukunft (2021-2050) verschiebt sich dieser Zeitraum leicht, der Blühbeginn liegt dann am 95. Tag, das Blühende am 125. Tag des Jahres, in der fernen Zukunft (2071-2100) am 88. bzw. 120. Tag.

Damit Baumpollen freigesetzt und anschließend in der Luft transportiert werden können, spielen viele Faktoren eine Rolle. Grundsätzlich begünstigen hohe Sonneneinstrahlung und trockene Luft die Pollenfreisetzung („Verbreitung Birkenpollen“). Umgekehrt beruht die „Auswaschung Birkenpollen“ auf der Annahme, dass der (skalige) Niederschlag während der Blütezeit für die Auswaschung von Pollen relevant ist. Niederschlag kann also zu niedrigeren Pollenbelastungen führen.

24. April 2015, 18:55 Uhr Heuschnupfen

Mehr Jucken, mehr Niesen



Es werden immer mehr Birken gepflanzt, obwohl sie für Allergiker ungünstig sind. (Foto: Alessandra Schnellegger)

Gerade quälen Birkenpollen die Allergiker. Und wer das Gefühl hat, dass es damit in den vergangenen Jahren schlimmer geworden ist, täuscht sich keineswegs: Die Pollen in Deutschland werden aggressiver.

ANZEIGE



Verrückt? 100€ Cashback
SmartHome von Süwag – jetzt mit 100€ Cashback als Bonus.
Nur bis zum 31.03.2016.

Quelle: www.sueddeutsche.de (<http://www.sueddeutsche.de/gesundheits/heuschnupfen-mehr-jucken-mehr-niesen-1.2450619>; Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Die Zahl der Tage mit günstigen Bedingungen für die Verbreitung von Birkenpollen liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) in der Südhälfte Baden-Württembergs bei etwa 17 Tagen, in der Nordhälfte bei etwa 19 Tagen. Die Klimamodell-Berechnungen geben die Beobachtungen gut wieder.

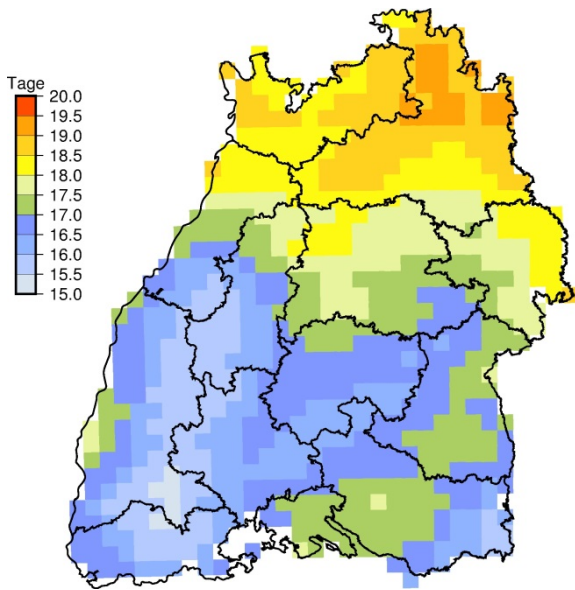
Die Zahl der Tage, an denen Birkenpollen ausgewaschen werden können, liegt im Kontrollzeitraum zwischen 5 und 8 (Schwarzwald, Allgäu, Südlicher Oberrhein) und bei 4 bis 5 (Nordhälfte).

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) wird für die günstigen Wetterbedingungen für die Verbreitung von Birkenpollen nur im Nordwesten Baden-Württembergs eine leichte Abnahme um etwa einen Tag erwartet, im restlichen Land (für Leitplanken-Ensemble im ganzen Land sowohl für nahe als auch ferne Zukunft (2071-2100)) sind die erwarteten Änderungen nicht statistisch signifikant. Außerdem wird für die Tage mit günstigen Wetterbedingungen für die Auswaschung von Birkenpollen in naher und ferner Zukunft eine Zunahme bis zu einem Tag erwartet, während die Änderungen im restlichen Land statistisch nicht signifikant sind.

Insgesamt sind durchschnittlich also nur geringfügige Verschiebungen der Pollenbelastung durch Birkenpollen in der Zukunft zu erwarten, wobei die Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr zu beachten ist

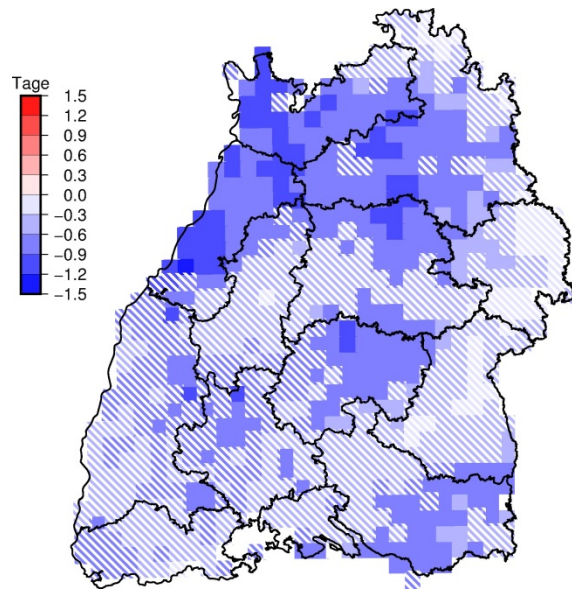
Verbreitung Birkenpollen

Beobachtungen



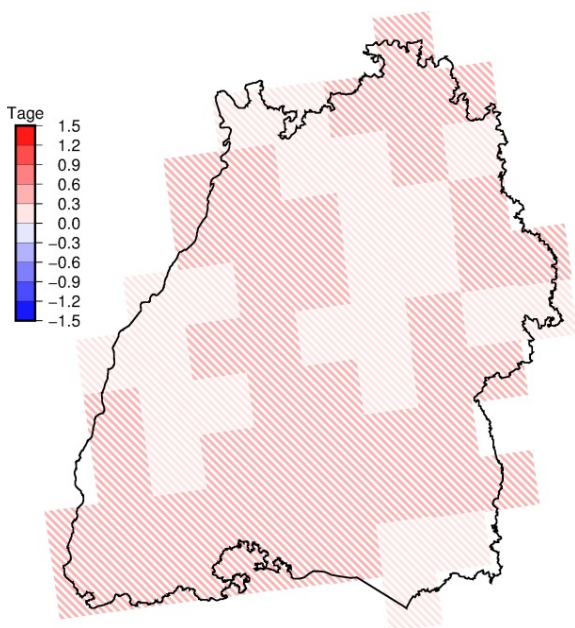
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



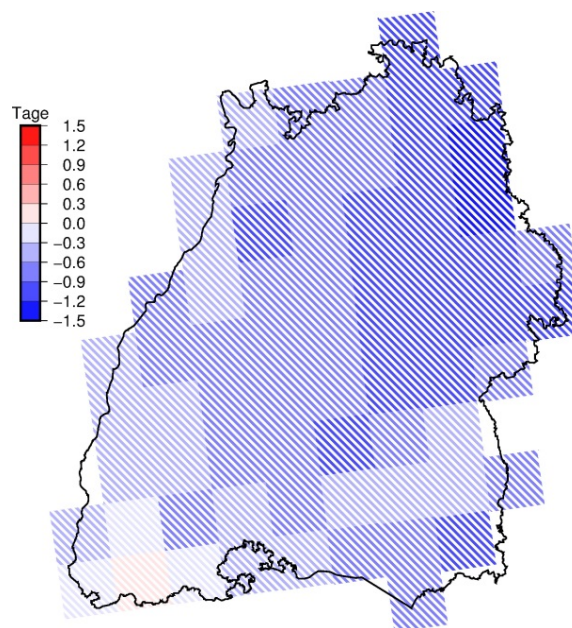
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

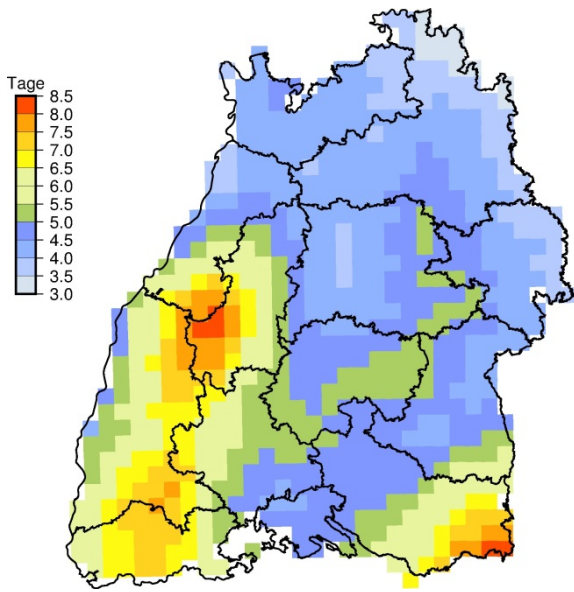


Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 79: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Verbreitung Birkenpollen“

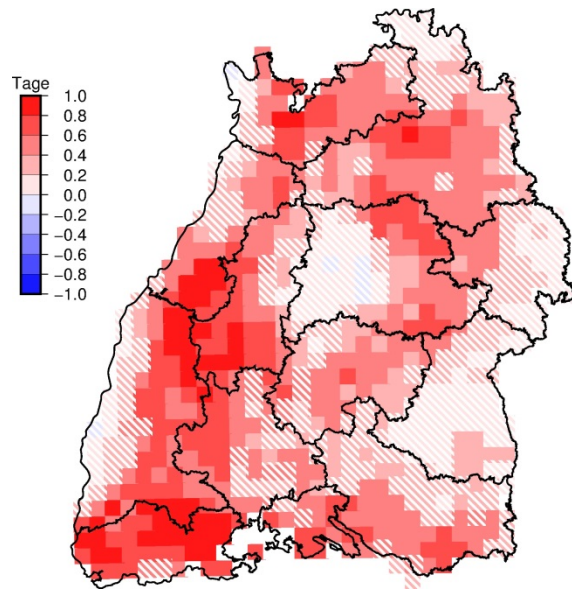
Auswaschung Birkenpollen

Beobachtungen



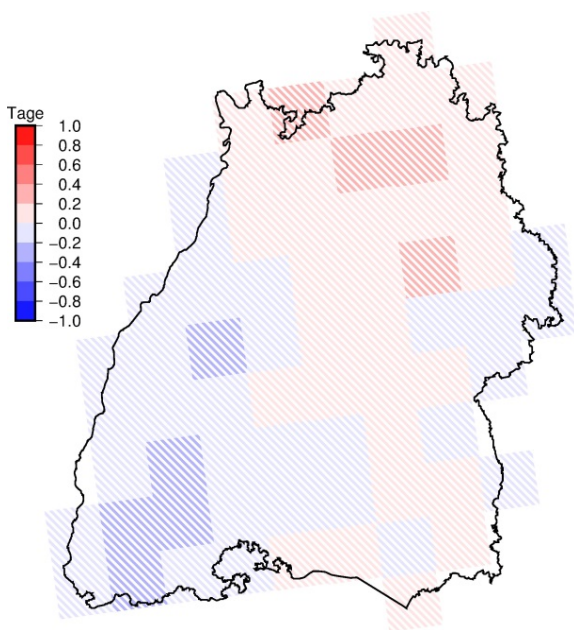
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



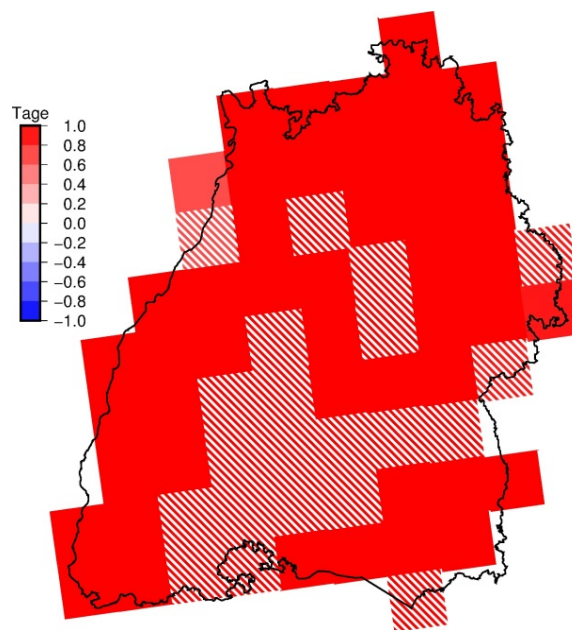
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 80: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Auswaschung Birkenpollen“

Verbreitung Birkenpollen

Tabelle 27: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Verbreitung von Birkenpollen)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	15.5	16.6	17.0	18.1	19.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	3.9	9.4	12.7	15.8	20.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	15.4	16.5	17.1	17.9	19.2
IMK-Ensemble	1971-2000	13.4	16.9	17.6	18.4	21.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	3.5	9.4	13.2	15.9	20.3
IMK-Ensemble	2021-2050	12.5	16.2	17.1	17.9	21.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	4.6	9.7	11.8	13.9	18.8

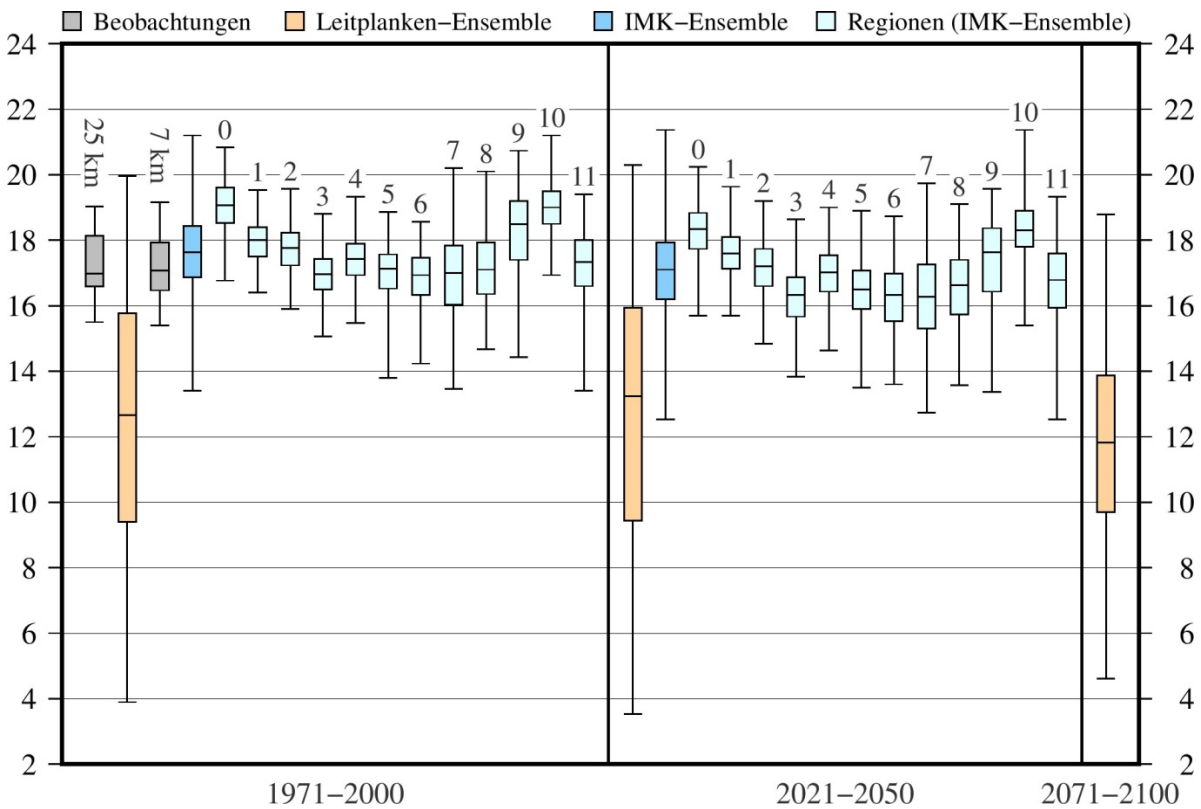


Abbildung 81: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Verbreitung Birkenpollen)

Auswaschung Birkenpollen

Tabelle 28: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Auswaschung von Birkenpollen)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	3.2	4.2	4.8	5.6	8.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	2.1	4.6	5.6	7.1	15.7
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	3.2	4.3	4.8	5.7	8.3
IMK-Ensemble	1971-2000	2.8	4.4	4.9	5.8	9.7
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	2.5	4.7	5.7	6.9	15.5
IMK-Ensemble	2021-2050	2.7	4.7	5.4	6.3	10.6
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	2.3	5.7	7.1	8.7	16.9

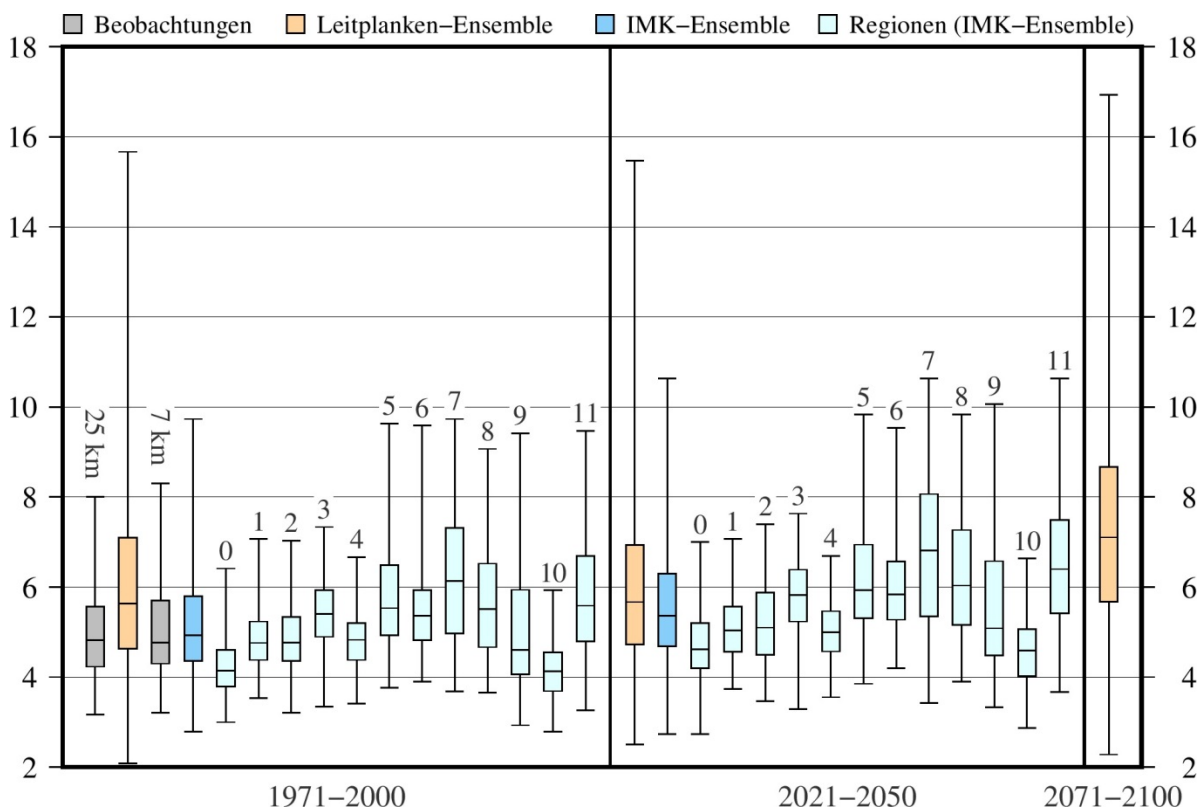


Abbildung 82: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Auswaschung Birkenpollen)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe	„Keine zusätzliche Bepflanzung allergener Baumarten; Reduzierung der Luftschadstoffe. Denn die mit Luftschadstoffen behafteten Pollen setzen mehr Allergene frei im Vergleich zu unbelasteten Pollen.“ (Experteneinschätzung)

Definition

Tage mit Durchschnittstemperatur von mindestens 8 °C und relative Luftfeuchtigkeit zwischen 70 und 80 % in den Monaten März bis November

Gesundheit

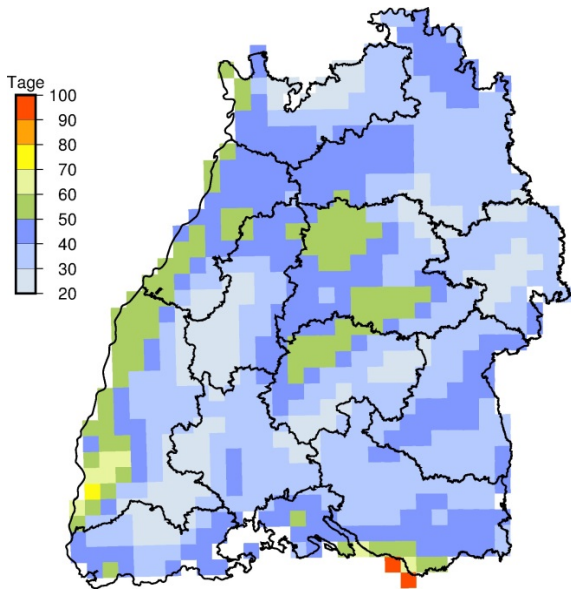
Der Aktivitätsbeginn von Zecken ist sehr stark von Temperatur und Luftfeuchte abhängig. Die Zeckenart „Gemeiner Holzbock“ (*Ixodes ricinus*) kommt am häufigsten in Baden-Württemberg vor und befällt auch den Menschen. Er ist aktiv in Deutschland etwa zwischen März und November, bei Lufttemperaturen ab 8°C, einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 70 % und 80 % und Bodenfeuchtigkeit. Auch Wintertemperaturen sind von Einfluss auf der Aktivität von dieser Zeckenart, da bei milden Wintern die Wintersterblichkeit der Zecken sinkt. Wegen der erwarteten Erhöhung der Lufttemperatur in der Zukunft wird also auch ein früherer Aktivitätsbeginn der Zecken und eine Erhöhung der Aktivität wegen sinkender Wintersterblichkeit erwartet (Landesgesundheitsamt, 2013).

Für die Berechnung der Klimakenngröße konnten nur Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit auf Tagesbasis berücksichtigt werden. Bodenfeuchtigkeit und eine milde Winter sind nicht berücksichtigt.

Klimatologie

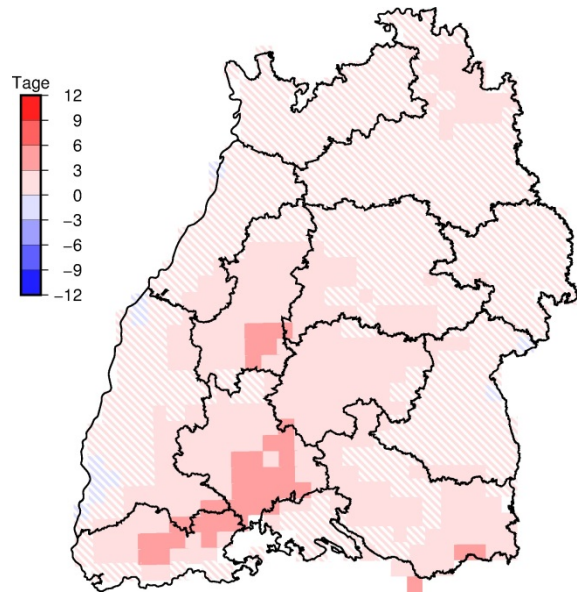
Günstige Wetterbedingungen für Zecken traten im Kontrollzeitraum (1971-2000) an durchschnittlich 50 bis 60 Tagen entlang des Rheins sowie teilweise in den Regionen Stuttgart und Neckar-Alb auf sowie am Rand des Bodensees. Im restlichen Land waren es zwischen 20 (Schwarzwald) und 50 Tage. In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) werden leichte Änderungen mit Zunahmen um 3 bis 6 Tage nur in den Regionen Hochrhein-Bodensee, Schwarzwald-Baar-Heuberg und Nordschwarzwald erwartet. Die Ergebnisse der Klimamodelle des Leitplanken-Ensembles (nahe und ferne Zukunft (2071-2100)) lassen keine statistisch signifikanten Änderungen erwarten.

Beobachtungen



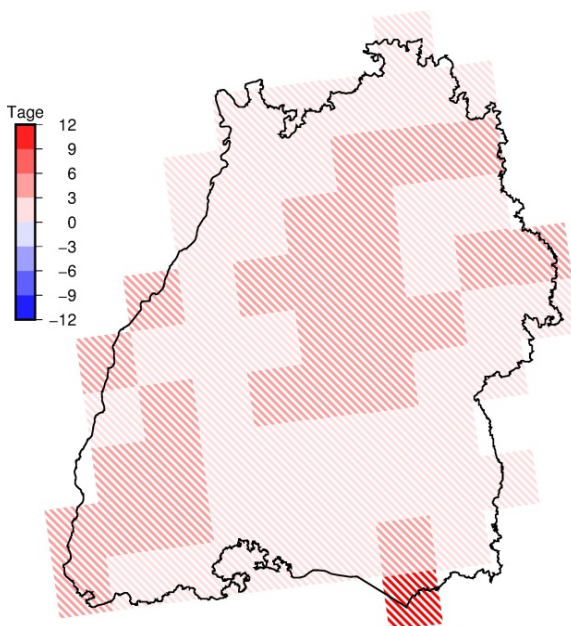
Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

IMK-Ensemble



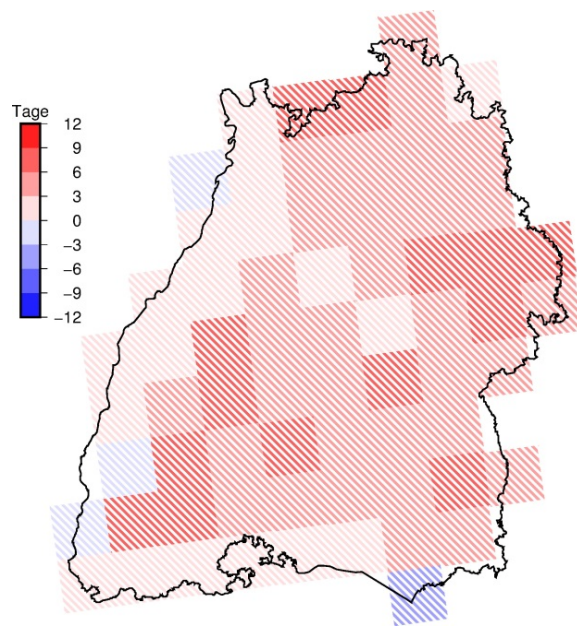
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 83: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Zecken“

Tabelle 29: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Zecken)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000					
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	35.3	43.8	56.8	98.1
Beobachtungen (7 km)	1971-2000					
IMK-Ensemble	1971-2000	17.1	31.1	38.0	47.0	104.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	16.7	38.5	47.3	59.7	102.5
IMK-Ensemble	2021-2050	16.2	32.6	40.0	48.8	109.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	37.4	47.4	61.4	88.2

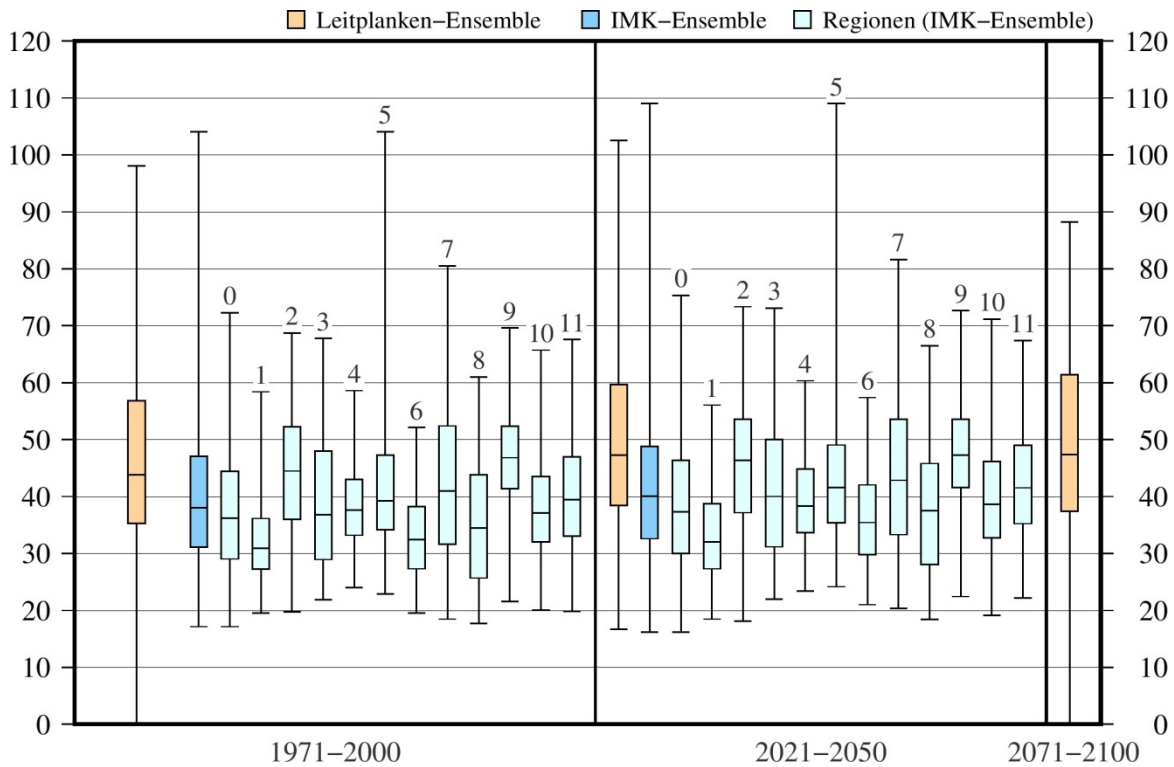


Abbildung 84: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Zecken)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Anzahl Tage pro Jahr mit einer Tagestiefsttemperatur kleiner gleich $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder einer Tageshöchsttemperatur größer gleich $30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Straßenbau)

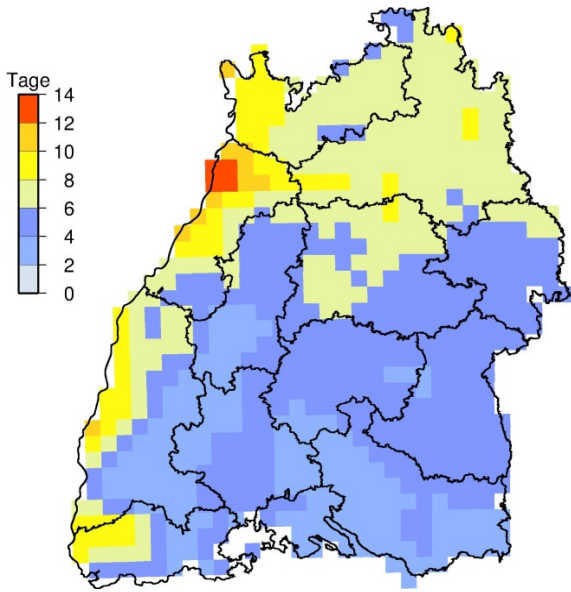
Extreme Temperaturen von $\text{über } 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $\text{unter } -15\text{ }^{\circ}\text{C}$ erhöhen die Anfälligkeit für Straßenschäden. Vor allem durch rasche Temperaturänderungen entstehen Spannungen in Material, die dann zu Schäden führen können. Durch eine Zunahme der heißen oder sehr kalten Tage in der Zukunft könnte die Anzahl an Straßenschäden steigen, auch häufigere Instandhaltungen von Straßen könnten notwendig werden, die mit Kosten verbunden wären. Anpassungen bei Neubauten verursachen nur geringe zusätzliche Kosten, Umbauten bei bereits bestehenden Straßen sind jedoch sehr teuer. Daher sollten bei Neubauten mögliche Klimaänderungen bereits mit entsprechenden Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Entsprechend könnte eine veränderte Asphaltrezeptur beim Neubau von Straßen eine Anpassung an extremere Temperaturen ermöglichen. Siehe auch Klimakenngröße „Sehr heiße Tage“ \rightarrow Kapitel 4.3.31.

Klimatologie

Durchschnittlich zeigen die Beobachtungen für Baden-Württemberg im Kontrollzeitraum (1971-2000) zwischen 5 und 7 sehr heiße oder sehr kalte Tage pro Jahr. In der südöstlichen Hälfte Baden-Württembergs liegt die Anzahl zwischen 2 und 6 Tagen, in den tieferen Lagen der Rheinebene und der Region Rhein-Neckar bei 6 bis zu 14 Tagen pro Jahr.

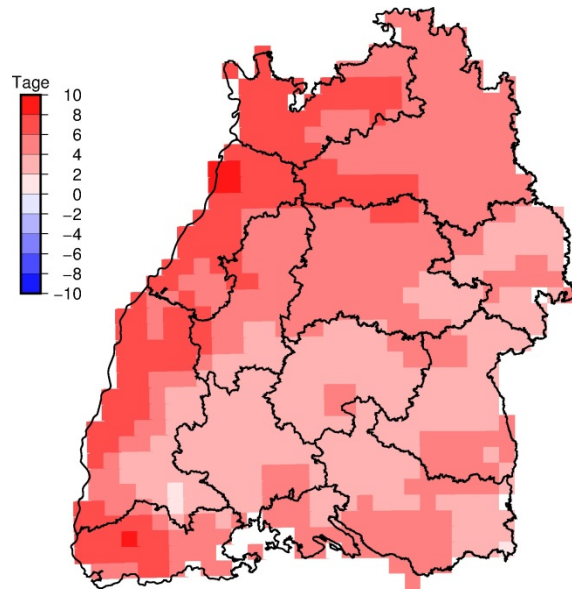
Die Berechnungen der Klimamodelle überschätzen die beobachtete Anzahl leicht. Für ganz Baden-Württemberg wird in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) eine Zunahme der Häufigkeit an sehr heißen oder sehr kalten Tagen erwartet. Die stärkste Zunahme wird im Oberrheingebiet mit 6 bis 10 zusätzlichen sehr heißen oder sehr kalten Tagen pro Jahr erwartet. In Teilen der Regionen Neckar-Alb und Schwarzwald-Baar-Heuberg ist die erwartete Zunahme mit nur 0 bis 2 Tagen mehr pro Jahr geringer. Für die Ergebnisse der Klimamodelle des Leitplanken-Ensembles sind die erwarteten Änderungen in der nahen Zukunft statistisch nicht signifikant, während in der fernen Zukunft (2071-2100) in ganz Baden-Württemberg weitere Zunahmen in der Zahl der sehr heißen oder sehr kalten Tage erwartet werden (was vor allem auf die Zunahme heißer Tage zurückzuführen ist), mit zwischen 12 und 23 Tagen mehr als im Kontrollzeitraum.

Beobachtungen



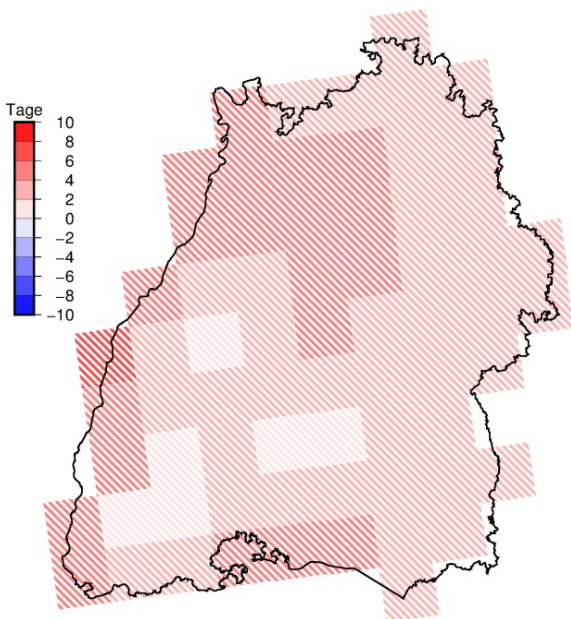
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



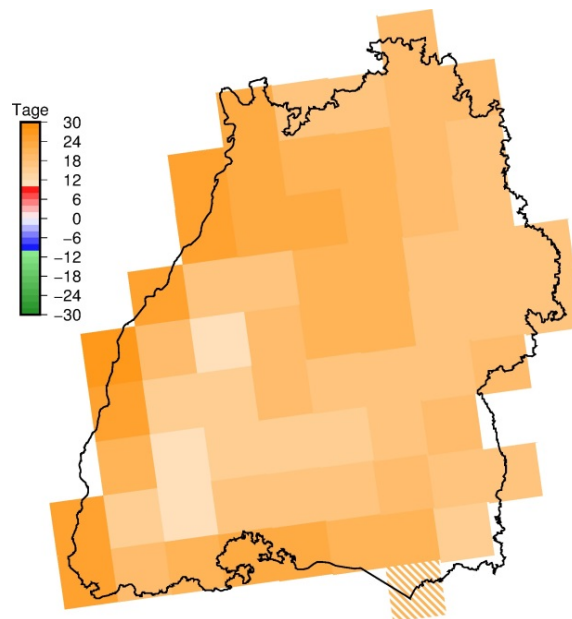
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 85: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße oder sehr kalte Tage“

Tabelle 30: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heiße oder sehr kalte Tage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	2.5	4.2	5.4	6.6	10.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	2.4	4.7	12.4	37.7
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	2.2	4.1	5.2	6.7	13.7
IMK-Ensemble	1971-2000	2.0	5.8	7.3	9.0	15.8
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	3.1	6.0	20.0	55.6
IMK-Ensemble	2021-2050	2.9	9.3	11.9	14.7	27.6
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	10.4	23.9	45.3	71.0

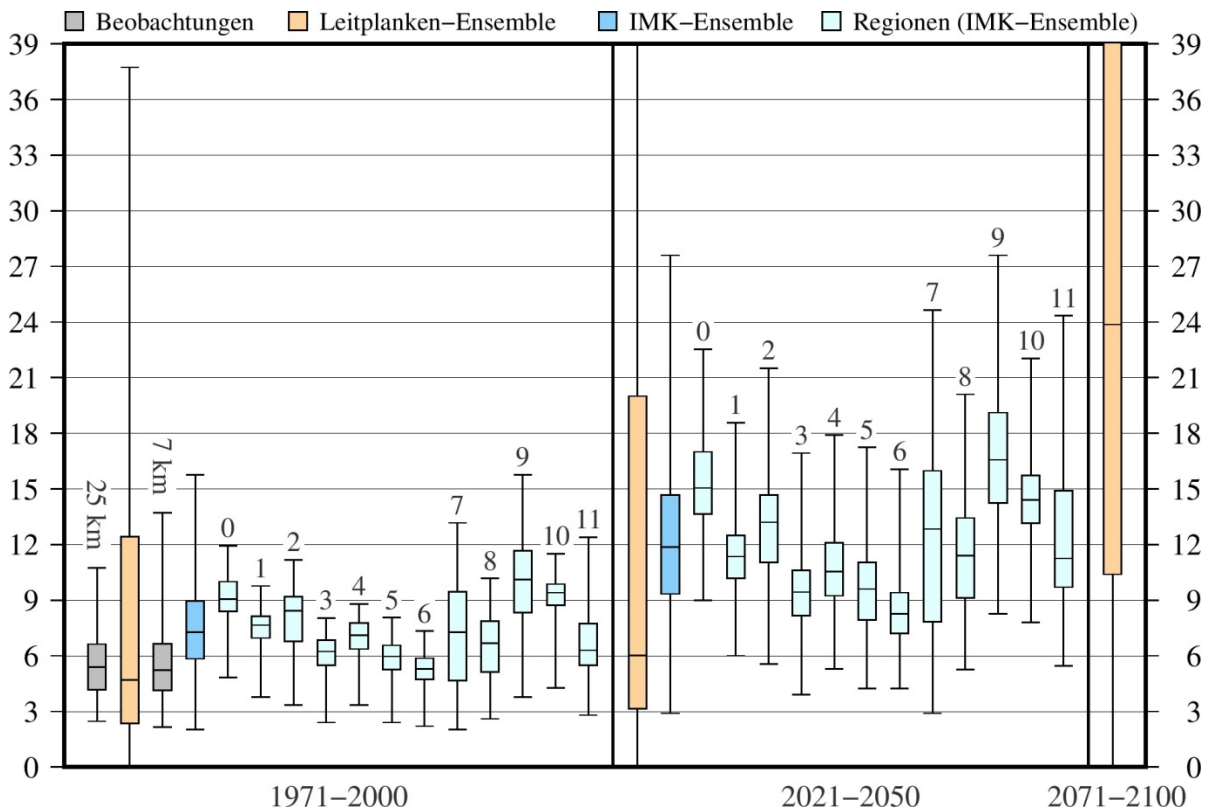


Abbildung 86: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heiße oder sehr kalte Tage)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Tage pro Jahr mit Tageshöchsttemperaturen von mindestens 30 °C

Landwirtschaft

Heiße Tage sind eine wichtige Größe für den Bereich Landwirtschaft, da nicht nur der Ernteertrag, sondern auch die Qualität des Geernteten unter der Hitze leidet. Da es ab einer Temperatur von 30 °C zu Ertragseinbußen kommen kann (je nach Kultur leicht unterschiedliche Temperaturwerte), könnte ein Anstieg der Häufigkeit zu einer landesweiten Verringerung des Ertrags führen. Insbesondere, wenn die Hitze in der Blütezeit, also zur Zeit der Pollenausbildung, auftritt, sind die Schäden am größten. Während der Blütenentfaltung kann bereits eine Stunde Hitze einwirkung schädlich sein. Am stärksten leiden Raps, Kartoffeln und Zuckerrüben unter den Hitzetagen (Flaig, 2013). In dieser Zeit und bei Hitze generell ist auch die Wasserversorgung entscheidend, da diese die Transpiration bestimmt (Transpiration kann die Bestandstemperatur generell um etwa 4 °C oder mehr senken); je trockener die Bedingungen, desto schlimmere Folgen hat Hitze für eine Pflanze (vgl. auch Klimakenngröße „Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen“ → Kapitel 4.3.42).

Temperaturen über 30 °C, sofern sie zusammen mit starker Sonneneinstrahlung auftreten und eine Fruchtemperatur von über 40 °C verursachen, können zudem an exponierten Stellen von Obstbäumen Sonnenbrand an den Früchten, beispielsweise Äpfeln, verursachen (Yuri et al. 2004).

Wald und Forstwirtschaft

Heiße Tage mit Temperaturen von mindestens 30 °C stellen für Bäume eine starke Belastung dar. Extremtemperaturen führen zu höherer Insektenvermehrung. Alte und neu gepflanzte Bäume sind dabei besonders anfällig und sterben vermehrt ab. Daher sind Hitzeschäden auch noch Jahre nach besonders heißen Sommern zu beobachten. Weiterhin besteht durch die Hitze vermehrte Waldbrandgefahr. Da für die Zukunft erwartet wird, dass häufiger Tage mit Temperaturen von mindestens 30 °C auftreten werden, könnte daher vermehrt Baumsterben durch Insektenbefall oder Waldbrand auftreten.

Stadt- und Raumplanung (Städtebau, Bauleitplanung)

Eine sehr hohe Temperatur unterstützt die Vermehrung von neuartigen Schädlingen, wodurch Stadtbäume häufiger beschädigt werden können. Weiterhin sind die momentan in Städten gepflanzten Baumarten an das aktuelle Klima angepasst. Klimaänderungen mit häufigeren Hitzeereignissen können daher eine Anpassung der Baumarten notwendig machen. Eine steigende Anzahl an heißen Tagen in Zukunft kann zu einer vergrößerten Gefahr für die aktuellen Stadtbäume führen, da diese aufgrund des begrenzten Wurzelraumes bei Hitze auch schneller unter Trockenstress geraten als Waldbäume.

Gesundheit (Biometeorologie)

Extremtemperaturen können die Gesundheit der Menschen beeinträchtigen. Ab Temperaturen von 30 °C nimmt bereits die körperliche und mentale Leistungsfähigkeit ab. Vor allem ältere und pflegebedürftige Personen, Säuglinge und Kleinkinder, im Freien Arbeitende, sowie Menschen mit Erkrankungen, die den Stoffwechsel oder das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigen, sind bei hohen Temperaturen gefährdet (Umweltbundesamt und DWD, 2008; Kunz-Plapp et al., 2016). Neben der Aufmerksamkeits- und Konzentrationsabnahme können auch Hitzeerschöpfung, Hitzschlag oder Hitzekollaps die Folge sein. Eine Zunahme der Häufigkeit von Hitzeereignissen in Zukunft könnte deshalb zu einer höheren Mortalitäts- und Morbiditätsrate, häufigeren Unfällen und geringerer Arbeitsqualität führen. Daher werden Anpassungsmaßnahmen an Hitze im Alltag wichtiger.

Klimatologie

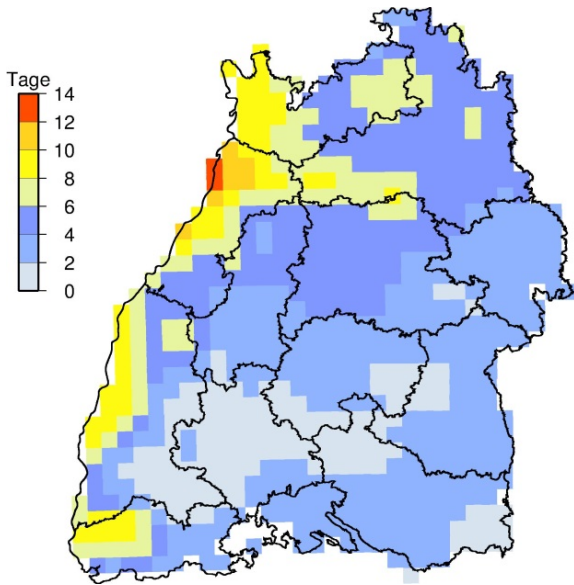
Für Baden-Württemberg werden im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich etwas mehr als 3 heiße Tage pro Jahr beobachtet. Dabei ist die Anzahl entlang des Rheingrabens sowie im nördlichen Teil Baden-Württembergs größer, 8 bis 14 heiße Tage pro Jahr treten dort auf. In höheren Lagen im Südosten Baden-Württembergs sowie im Schwarzwald ist die Anzahl mit 0 bis 4 Tagen pro Jahr am geringsten.

Die Klimamodelle überschätzen die absolute Zahl heißer Tage leicht, weswegen vor allem die berechneten zukünftigen Änderungen, nicht die absoluten Zahlen, betrachtet werden.

In allen Regionen Baden-Württembergs wird in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) eine signifikante Zunahme in der Zahl heißer Tage erwartet. Ein stärkerer Anstieg ist vor allem in den Regionen, die bisher die meisten heißen Tage verzeichnen, zu erkennen. Dazu zählen der Rheingraben und der Norden Baden-Württembergs sowie die Region um Stuttgart. Dort werden zwischen 6 und 9 heiße Tage mehr pro Jahr erwartet. In den Ergebnissen der Klimamodelle des Leitplankenensembles sind die Änderungen in der nahen Zukunft statistisch nicht signifikant. Für die ferne Zukunft (2071-2100) werden weitere Zunahmen in der Zahl der heißen Tage um 10 bis 30 Tage gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

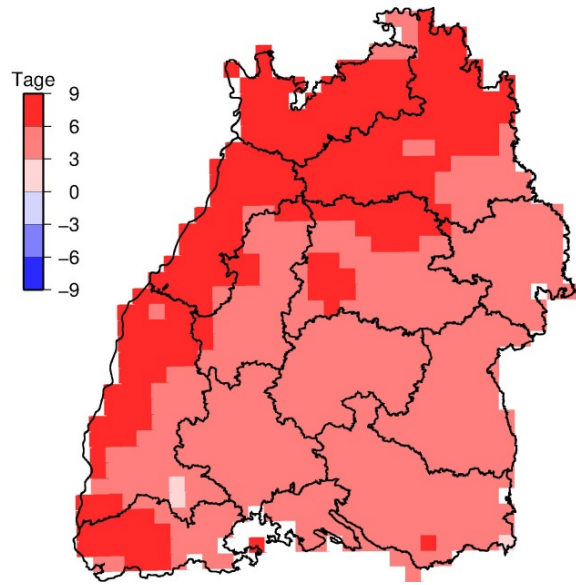
Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr, sodass auch in Zukunft einzelne Jahre mit besonders vielen oder wenigen heißen Tagen auftreten können.

Beobachtungen



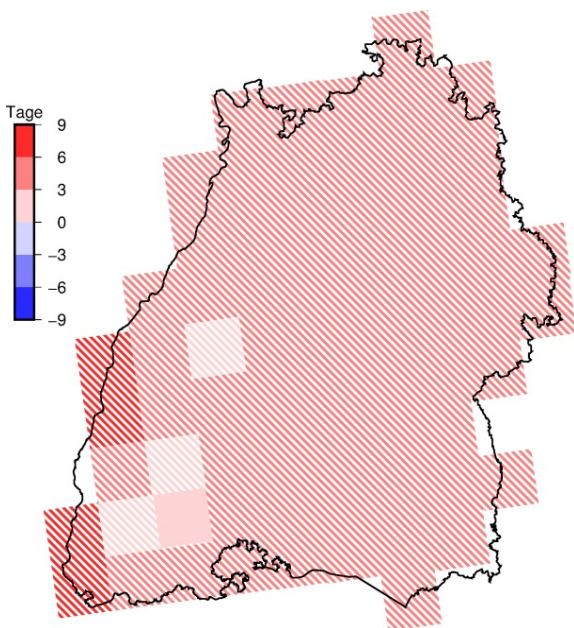
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



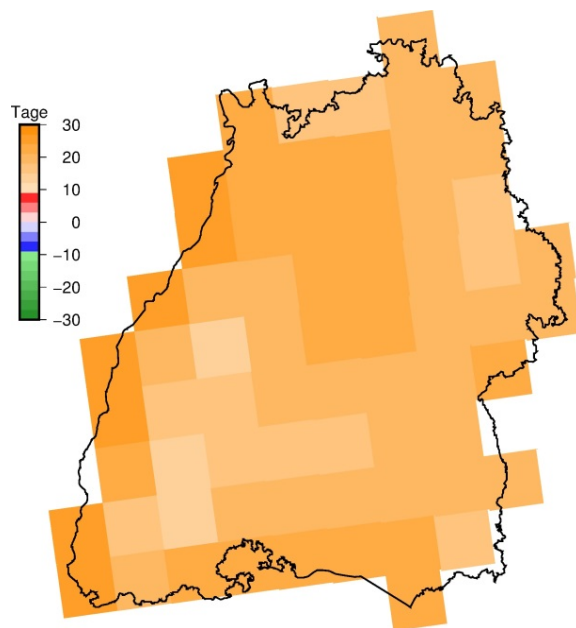
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 87: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage“

Tabelle 31: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heiße Tage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.8	2.5	3.4	5.8	10.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	1.1	3.2	11.5	37.4
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.5	2.3	3.4	5.5	13.3
IMK-Ensemble	1971-2000	0.5	4.1	5.5	7.7	15.4
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	2.7	5.6	19.6	55.6
IMK-Ensemble	2021-2050	2.2	8.4	11.1	13.9	27.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	10.4	23.8	45.3	71.0

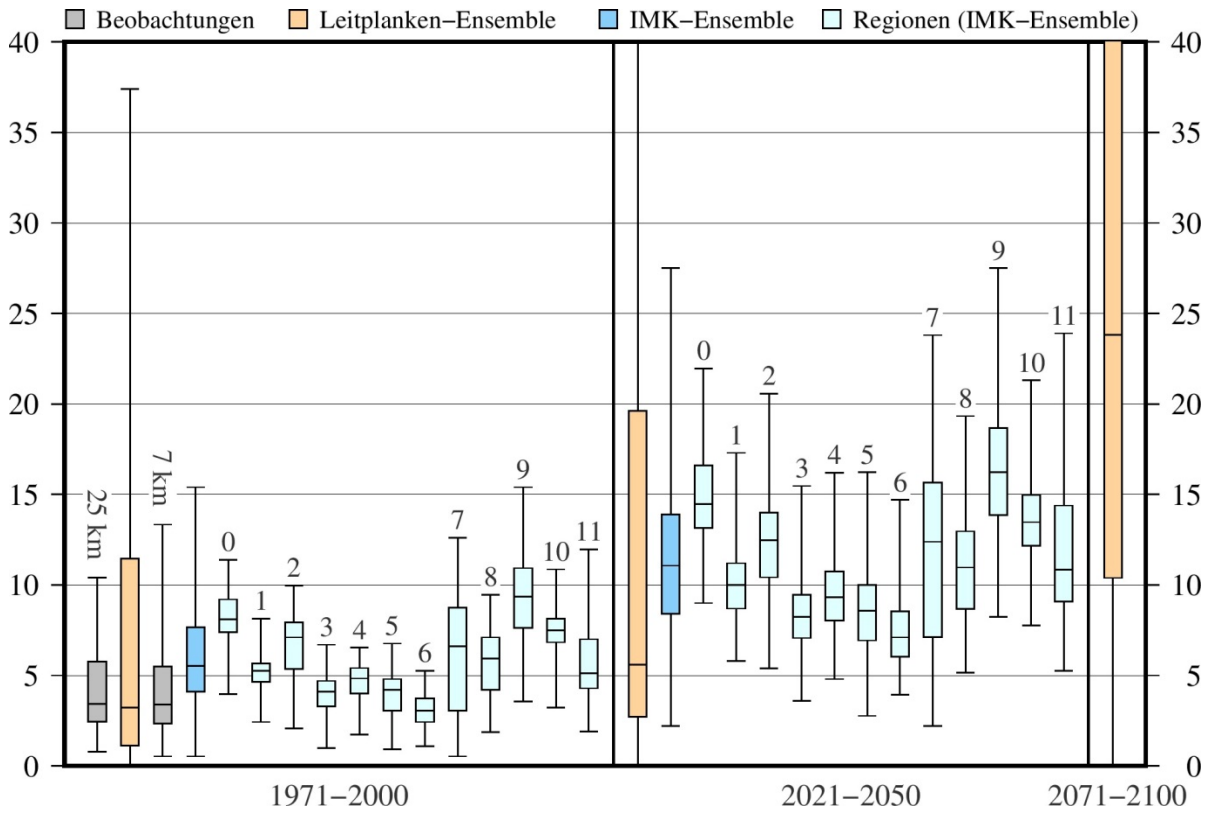


Abbildung 88: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heiße Tage)

Sensitivitätsampel

Landwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
s. 1)	Grün in Normaljahren, gelb in Extremjahren wie 2003 oder 2015	Absolute Zahl: 20 (Gemäß Anpassungsstrategie analog Vulnerabilitätseinstufung)	Absolute Zahl: 30 (Gemäß Anpassungsstrategie analog Vulnerabilitätseinstufung)	s. 2)

- 1) „Da es sich um geschätzte (durchschnittliche) physiologische Grenzen handelt, gestützt durch die Analyse der Erträge in Extremjahren, sollten die Grenzen für alle Regionen gelten. Sie werden jedoch unterschiedlich schnell erreicht und gelten auch nicht für alle Kulturen gleichermaßen. Hinzu kommt die erwähnte unterschiedliche Empfindlichkeit je nach Entwicklungsphase. Die Anzahl der heißen Tage im Jahr spiegelt hier die Wahrscheinlichkeit, dass eine kritische Anzahl an heißen Tagen auch in diesen Phasen auftritt.“ (Experteneinschätzung)
- 2) „Pflanzenzüchtung (rechtzeitig vorher, weil bis zur Zulassung mehrere Jahre vergehen). Da Hitze in unseren Breiten meist auch mit Trockenheit gekoppelt ist, empfiehlt sich eine Bewirtschaftung, die möglichst lange Zugang zu Wasser wegen Transpirationskühlung sichert (konservierende Bodenbearbeitung, Erschließung tieferer Bodenschichten z.B. durch geeignete Zwischenfrüchte bzw. Fruchtfolgen) bzw. - falls ökonomisch lohnend - Beregnung/Bewässerung (Transpirationskühlung). Wechsel hin zu hitzetoleranteren Sorten und ggf. Kulturarten, im Gartenbau ggf. Wechsel des Anbauprogramms und der Sortimentszusammenstellung.
Im Sonderkulturbereich zusätzlich andere Wuchsformen, Erziehungssysteme, Beschattung, die Verlagerung in andere, kühlere Anbauregionen und im geschützten Gartenbau Belüftung und aktive Kühlung. Abgesehen von physiologischen Grenzen der Kulturpflanzen haben auch Aufwand und Kosten für Anpassungsmaßnahmen im weitgehend durch den Weltmarkt bzw. EU-Regelungen bestimmten Landwirtschaftssektor Grenzen. Wenn die notwendigen Kosten (z.B. für Beregnung) gegenüber den erzielbaren (Mehr-)Erlösen zu hoch werden, wird die betreffende Kultur woanders angebaut werden.“ (Experteneinschätzung)

Wald und Forstwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Mittlerer Oberrhein	gelb	Keine Angabe	+20 %	„Verstärkter Anbau Hitze und/oder Trockenheit ertragender Baumarten (Problem: Abkehr von standortheimischen Baumarten!)“ (Experteneinschätzung)

Stadt- und Raumplanung:

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ↔ gelb	Übergang gelb ↔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Kanton Basel-Stadt	gelb	Keine Angabe	+30 %	s. 3)
Region Stuttgart	gelb	Keine Angabe	+20 %	s. 4)
Ganz Baden-Württemberg, außer in höheren Lagen im Südosten sowie im Schwarzwald	gelb	-20 %	+30 %	„Schädlingsbekämpfung an Bäumen, Stammenschutz (weißer Anstrich) an Jungbäumen in den ersten 10 Standjahren, Trinkwasserspender in den Siedlungszentren, wasservernebelnde Brunnenanlagen“ (Experteneinschätzung)

3) Die Klimamodelle von MeteoSchweiz gehen von einer deutlich höheren Zunahme an Hitzetagen aus. Zusätzlich wird der Wärmeineffekt die Situation noch verschärfen. Größte Herausforderung wird künftig die klimaangepasste Stadtentwicklung sein (Verdichtung versus Durchlüftung). Bei den Grünanlagen wird bereits heute vorausschauend auf die Klimaänderung gepflanzt. Allerdings besteht hier ebenfalls ein Interessenskonflikt. Hitzeresistente Arten haben oft eine geringe Transpiration, was den Beitrag an ein verbessertes Mikroklima verringert.“ (Experteneinschätzung)

4) Bei einer Änderung nach ‚rot‘: Obst-, Wein- und Gemüseanbau mit angepassten Arten und Sorten, ggf. Bewässerungsanlagen mit Regenwasser, Umstellung auf klimaangepassten Waldbau, Stadtbäume, Sicherung der Frischluftzufuhr von innerstädtischen Hanglagen/Talräumen in die Innenstadt, Schaffung von „blauen“ und „grünen“ Flächen als „Coolspots“. (Experteneinschätzung)

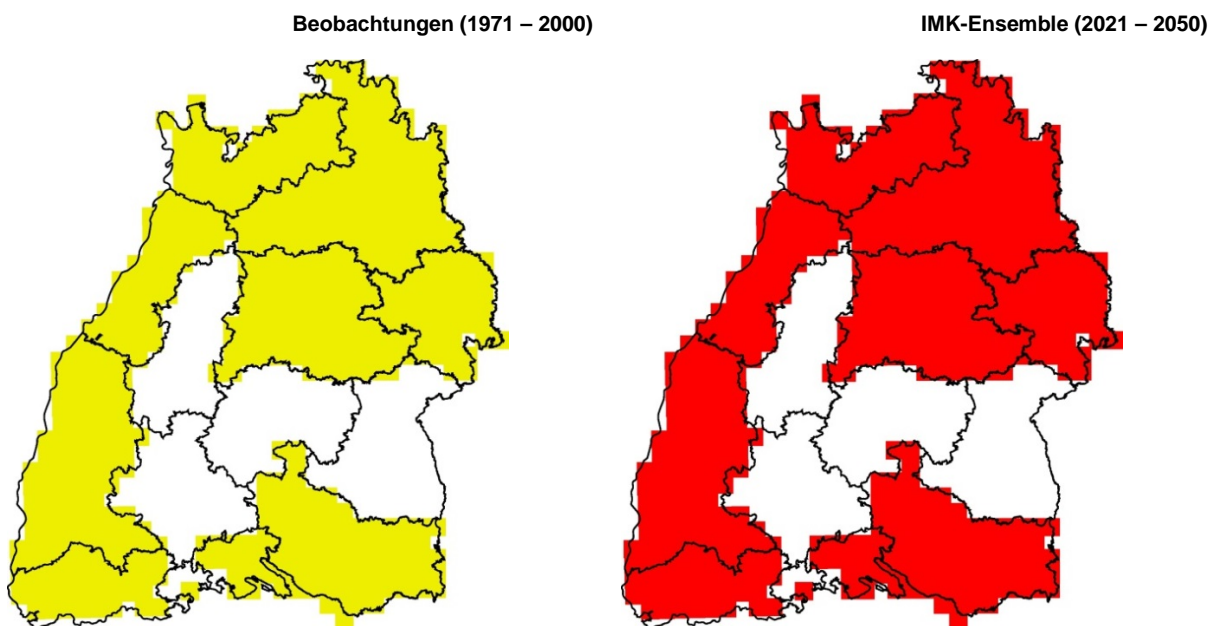


Abbildung 89: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Heiße Tage“

Definition

Als Grenze für den Heizbedarf ist eine Tagesmitteltemperatur von 15 °C definiert. Für alle Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter diesem Wert liegt, wird die Differenz zu 15 °C aufsummiert. Die jährliche Summe ist die Klimakenngröße Heizgradtage in Kelvin (K).

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Energieversorgung)

Der Energieverbrauch eines Gebäudes besteht grob aus zwei Teilen, dem Energiebedarf aufgrund der Nutzung und dem je nach Klima des Standortes bedingten Verbrauch. Um den klimatisch bedingten Energieverbrauch eines Gebäudes zu quantifizieren, sind verschiedene Modelle entwickelt worden, die unterschiedliche meteorologische Größen berücksichtigen. Eines dieser Modelle, die Heizgradtage, berücksichtigt dabei nur die Außentemperatur, kann jedoch gut als Abschätzung für den Verbrauch verwendet werden.

Teure Energie: Dauerkälte treibt Heizkosten in horrende Höhe

Von *Stefan Schultz*

Der kalte Jahr 2010 wird für Verbraucher teuer: Laut einer Erhebung für SPIEGEL ONLINE sind die Heizkosten für Wohnungen im Vergleich zum Vorjahr um bis zu 400 Euro gestiegen. Hausbesitzer müssen sogar mit noch deftigeren Nachzahlungen rechnen. Der große Überblick für zehn Städte.

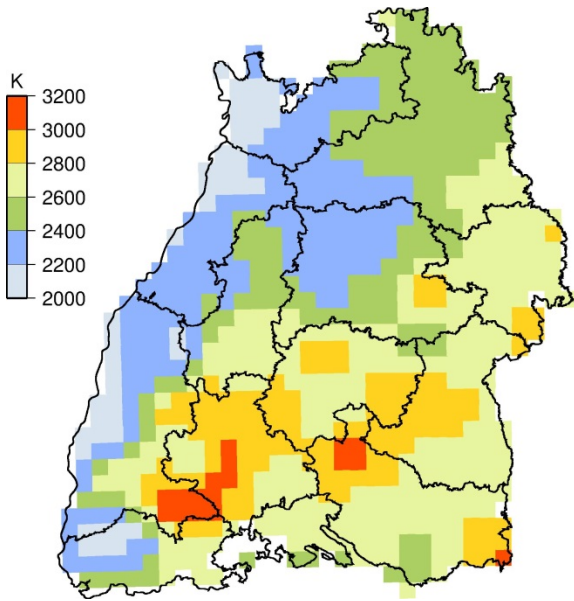
Quelle: www.spiegel-online.de (<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/teure-energie-dauerkaelte-treibt-heizkosten-in-horrende-hoehe-a-749419.html>; Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Für den Kontrollzeitraum 1971-2000 liegen die Beobachtungen zwischen 2000 und 3200 Heizgradtagen pro Jahr. Der Median für ganz Baden-Württemberg liegt bei ca. 2600 Heizgradtagen. Die höchsten Wert für Heizgradtage haben die Regionen Neckar-Alb, Schwarzwald-Baar-Heuberg und der Landkreis Hochschwarzwald, den niedrigsten die Regionen Mittlerer und Südlicher Oberrhein, Stuttgart und Rhein-Neckar. Die Modellergebnisse geben die Beobachtungen gut wieder.

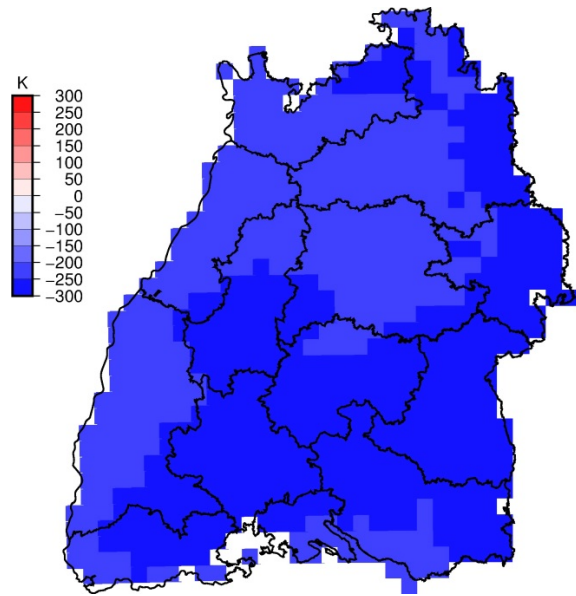
Die Modellergebnisse zeigen für Baden-Württemberg und den dazugehörigen Regionen eine signifikante Abnahme der Heizgradtage vom Kontrollzeitraum zur nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble). Dabei wird in allen Regionen eine Abnahme um 200 und 300 Heizgradtage erwartet, es gibt nur geringe räumliche Unterschiede. Dies bedeutet eine etwas höhere prozentuale Abnahme in den Regionen, in denen die Heizgradtage bisher schon niedrig sind. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine weitere Abnahme der Heizgradtage um insgesamt 300 bis 900 gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

Beobachtungen



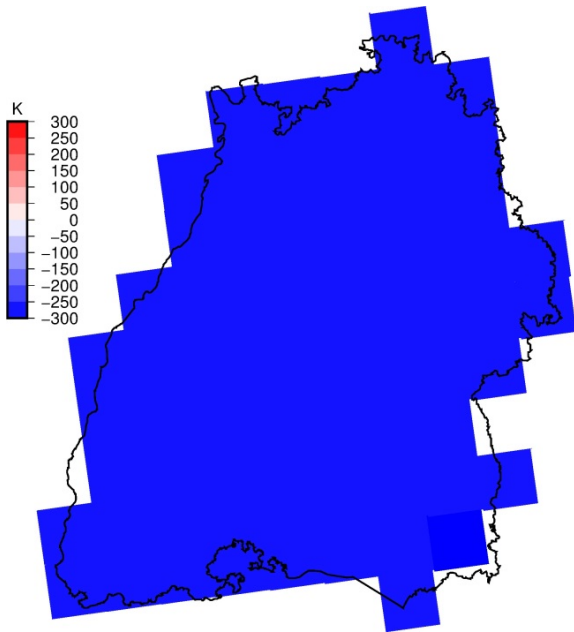
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



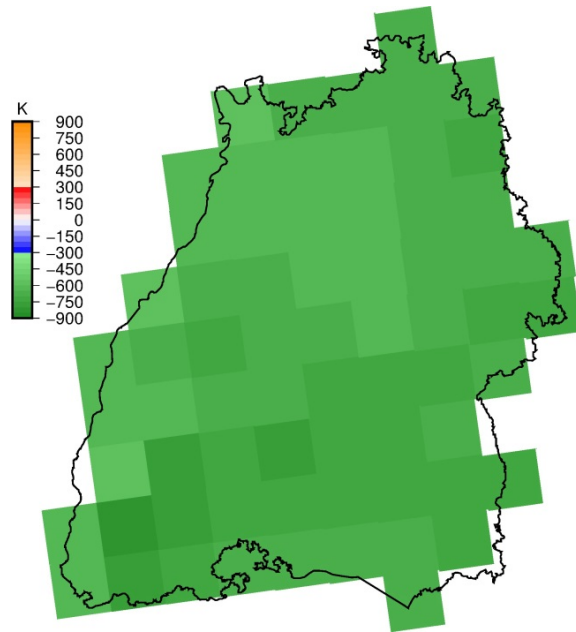
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 90: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heizgradtage“

Tabelle 32: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heizgradtage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	2111	2385	2583	2759	3030
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	1930	2363	2576	2767	3312
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	2066	2384	2610	2763	3110
IMK-Ensemble	1971-2000	2037	2398	2620	2806	3473
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	1708	2114	2283	2462	2948
IMK-Ensemble	2021-2050	1632	2143	2362	2549	3254
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	1337	1733	1882	2029	2585

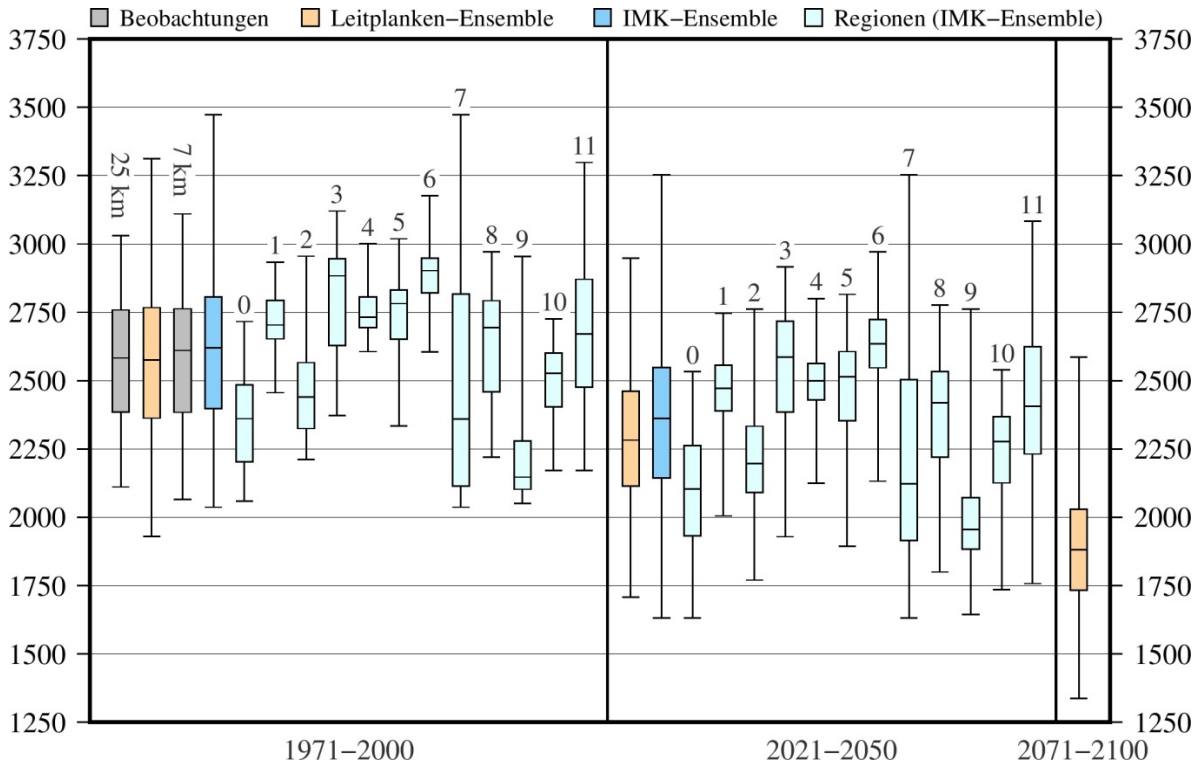


Abbildung 91: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heizgradtage)

Sensitivitätsampel

Die Abnahme der Heizgradtage könnte in der nahen Zukunft zu einem geringeren Energieverbrauch und damit niedrigeren Einnahmen für Energieunternehmen sowie Einsparungen für die Verbraucher führen.

Definition

Anzahl an Tagen pro Jahr, an denen die Tageshöchsttemperatur mindestens 30°C (heiße Tage) und die Tagessumme der Globalstrahlung mindestens 5000 W/m³ (ca. 5 Stunden Sonne) erreicht.

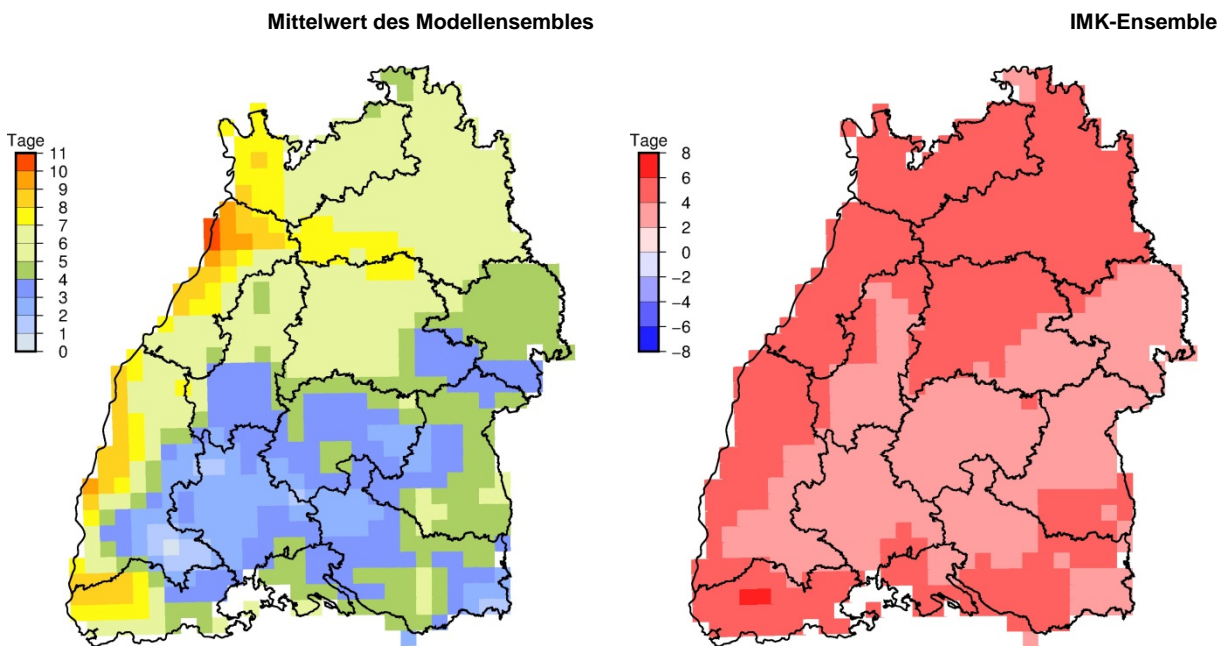
Stadt- und Raumplanung (Städtebau, Bauleitplanung), Gesundheit

An heißen Tagen ist nicht nur allein die Temperatur für das Wohlbefinden bzw. thermische Belastungen und mögliche Gesundheitsbeeinträchtigen entscheidend, sondern auch die Sonneneinstrahlung. Hohe Luftfeuchtigkeit und Bewölkung können vor allem in der Nacht die Ausstrahlung behindern und damit die Abkühlung, besonders in Städten, bremsen. Am Tag führt hohe Sonneneinstrahlung zu einer hohen Sonnenbrandgefahr und hohe Luftfeuchte bzw. Bewölkung zu einem hohen Schwüle-Empfinden.

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) traten in den Regionen Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken und Stuttgart durchschnittlich zwischen fünf und sieben heiße Tage bei gleichzeitig hoher Sonneneinstrahlung auf. Entlang des Rheins, waren es zwischen 7 und 11 Tagen, in den höher gelegenen Regionen Bodensee-Oberschwaben, Ostwürttemberg, Donau-Iller, Neckar-Alb und Schwarzwald-Baar-Heuberg waren es zwischen 1 und 4 Tage, in den höchsten Lagen von Südschwarzwald und Allgäu sogar kein Tag. Für die Zukunft (2021-2000) wird eine Zunahme in der Anzahl heißer Tage mit hoher Sonneneinstrahlung um zwei bis 6 Tage erwartet.

Für das Leitplanken-Ensemble liegen für diese Kenngröße keine Daten vor.



Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 92: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Hitze und Sonneneinstrahlung“

Tabelle 33: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Hitze und Sonneneinstrahlung)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	0.5	3.7	4.8	6.2	12.4
IMK-Ensemble	2021-2050	2.1	7.1	9.0	10.9	23.6

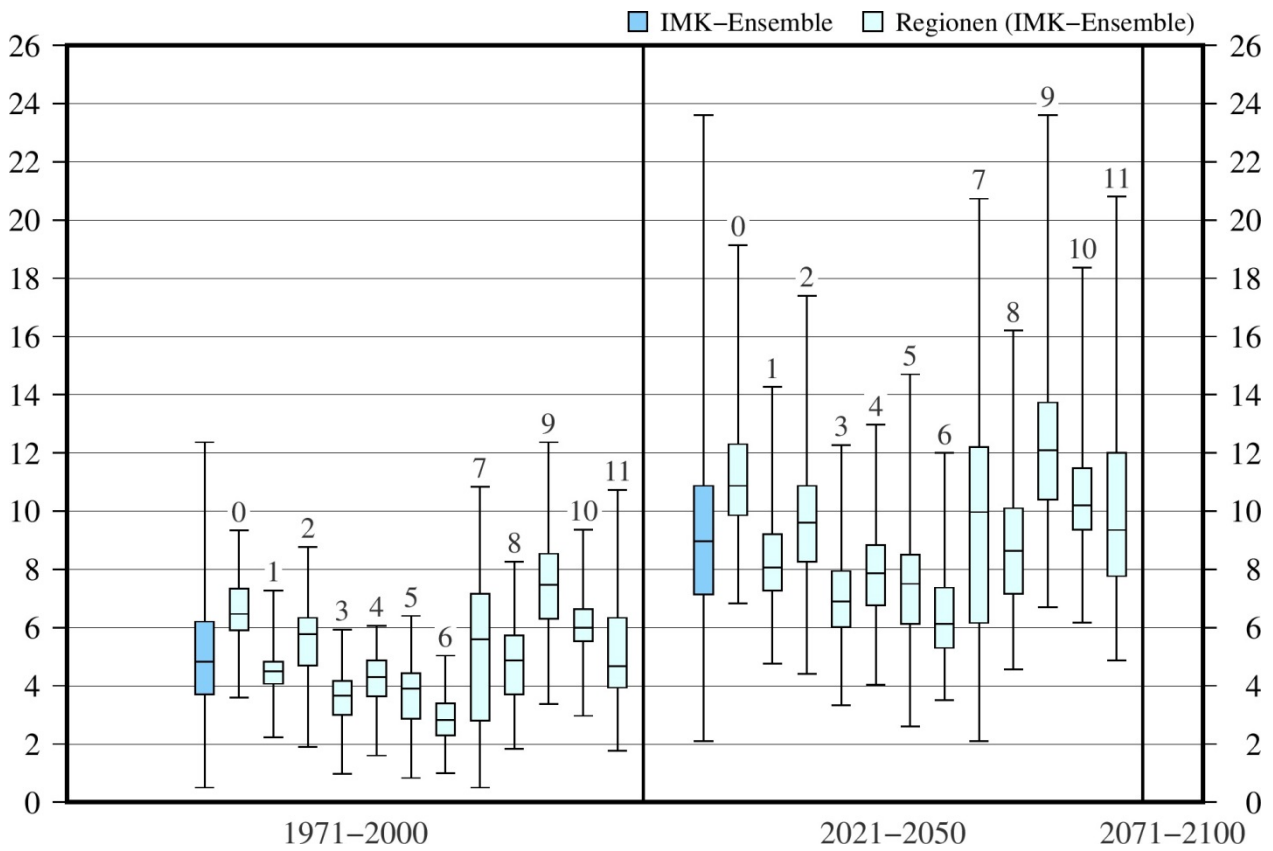


Abbildung 93: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Hitze und Sonneneinstrahlung)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Differenz der Niederschlagssumme und der Summe der tatsächlichen Evapotranspiration. Diese wurden gebildet für folgende Zeiträume: ganzes Jahr, Frühjahr, Sommer, Herbst, Winter, Mai-September

Landwirtschaft, Wasserhaushalt

Die klimatische Wasserbilanz kann sowohl mit der tatsächlichen als auch der potentiellen Evapotranspiration berechnet werden. Aus datentechnischen Gründen wurde im vorliegenden Projekt die tatsächlichen Evapotranspiration verwendet.

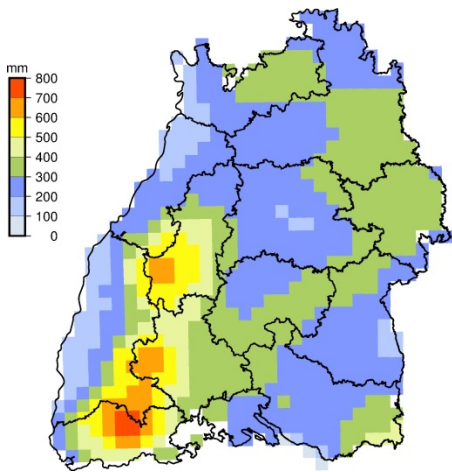
Für das Wachstum und den Bestand einer Pflanze ist die Wasserversorgung von entscheidender Bedeutung. Beispielsweise beugt ein ausreichender Wasservorrat im Boden neben Trockenschäden auch Hitzeschäden an Blättern durch kühlende Transpiration vor (Flaig, 2013). Weiterhin benötigt die Pflanze Wasser für die Photosynthese und die Aufrechterhaltung des Turgors. Ein Maß für den Wasservorrat ist die nutzbare Feldkapazität. Sinkt die Bodenfeuchte auf unter 30 % der nutzbaren Feldkapazität, so steht die Pflanze unter Trockenstress. Eine Abnahme der Wasserbilanz führt zu einer Häufung dieser Tage (Flaig, 2013). Daher ist die Wasserbilanz für das Handlungsfeld Landwirtschaft von Bedeutung.

Klimatologie

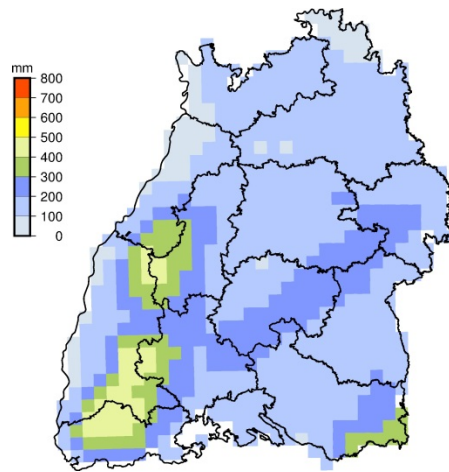
Da die Wasserbilanz (Differenz der Niederschlagssumme und der Summe der tatsächlichen Evapotranspiration) starken jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, ist sie im Folgenden über verschiedene Zeiträume berechnet worden, nämlich für das ganze Jahr, die einzelnen Jahreszeiten und die Vegetationsperiode. Letztere wurde wie im Bericht „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg“ der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW, 2013) als Zeitraum von Mai bis September definiert.

Die Modelle zeigen im Winter und Herbst für Baden-Württemberg Kontrollzeitraum (1971-2000) zur nahen Zukunft (2021-2050) keine signifikanten Änderungen. Im Frühling wird erwartet, dass die Wasserbilanz in den meisten Regionen Baden-Württembergs zunimmt. Die höchsten Zunahmen werden in den Regionen Südlicher Oberrhein und Hochrhein-Bodensee mit bis zu einer 60 mm höheren Wasserbilanz erwartet. Dagegen wird eine leicht verringerte Wasserbilanz im Sommer in Baden-Württemberg erwartet. Zu signifikanten Abnahmen kommt es demnach in den Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und Teilen des Hochschwarzwaldes; dort wird eine Abnahme der Wasserbilanz um bis zu 60 mm erwartet. In der Jahressumme resultiert daraus eine leichte Zunahme für vereinzelte Regionen, darunter Südlicher Oberrhein und Hochrhein-Bodensee. Während der Vegetationsperiode wird die stärkste Abnahme der Wasserbilanz erwartet, wobei vor allem der Süden Baden-Württembergs davon betroffen ist. Die stärksten Abnahmen bis zu 80 mm während der Vegetationsperiode werden in den Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und dem Landkreis Hochschwarzwald erwartet. Die unterschiedlichen Zu- bzw. Abnahmen spiegeln auch die Box-Whisker-Plots für die verschiedenen betrachteten Zeiträume wider. Im Winter und Herbst sind kaum Änderungen zu erkennen. Im Frühling steigt der Median für Baden-Württemberg zwischen Kontrollzeitraum und naher Zukunft von rund 170 mm auf 200 mm an. Auch in allen Regionen ist ein unterschiedlich starker Anstieg zu erkennen. Dagegen wird in den Sommermonaten für ganz Baden-Württemberg eine geringe Abnahme erwartet. Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr, sodass einzelne Jahre besonders feucht oder trocken sein können.

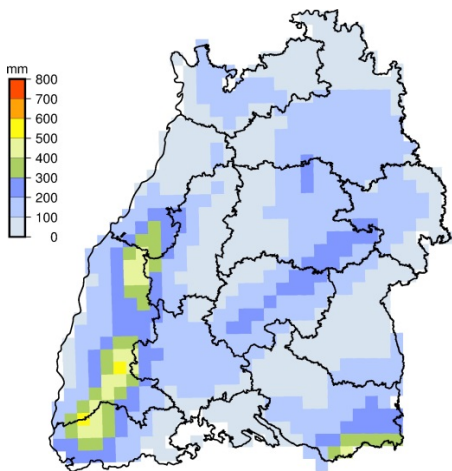
Daten des Leitplanken-Ensembles liegen nicht für diese Größe vor. Auswertungen zur klimatischen Wasserbilanz mit der Differenz aus Niederschlag und potentieller Evapotranspiration finden sich allerdings in Flaig (2013).



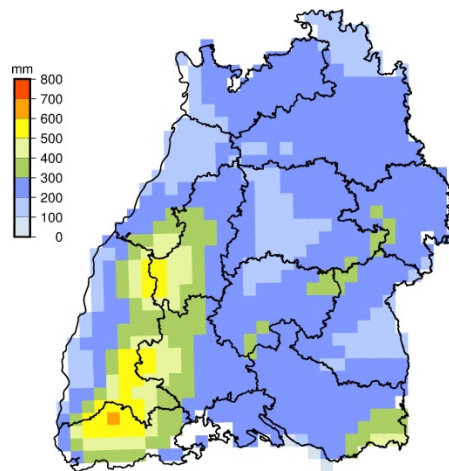
Mittelungszeitraum: Dezember, Januar, Februar



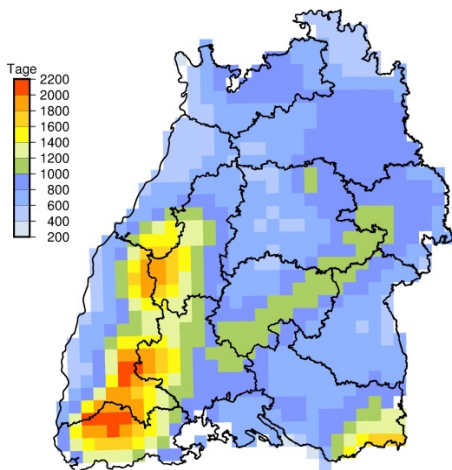
Mittelungszeitraum: März, April, Mai



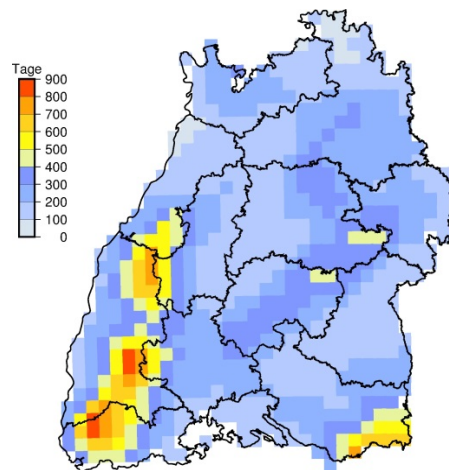
Mittelungszeitraum: Juni, Juli, August



Mittelungszeitraum: September, Oktober, November

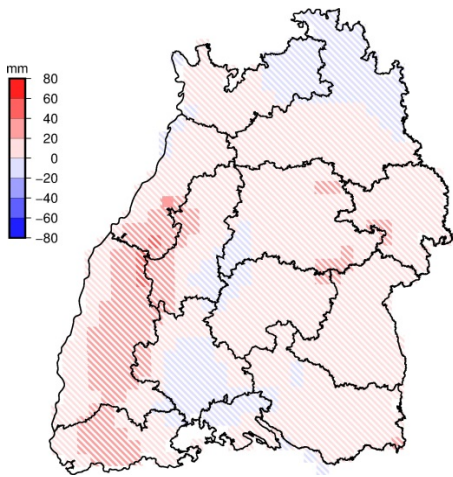


Mittelungszeitraum: 1 Jahr

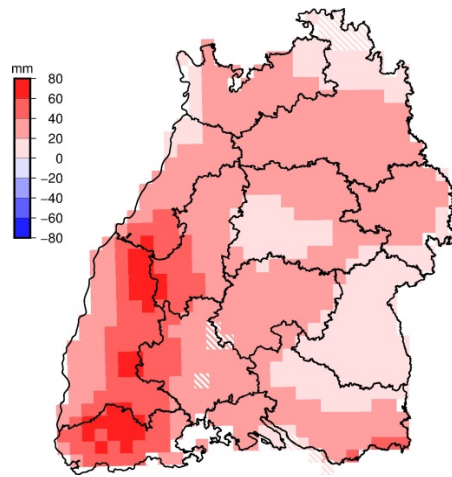


Mittelungszeitraum: Mai bis September

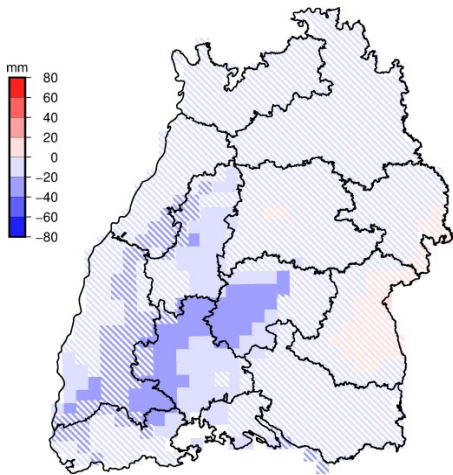
Abbildung 94: Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971-2000) für „Klimatische Wasserbilanz“



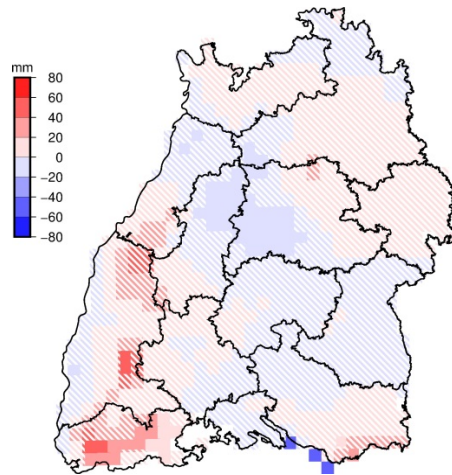
Mittelungszeitraum: Dezember, Januar, Februar



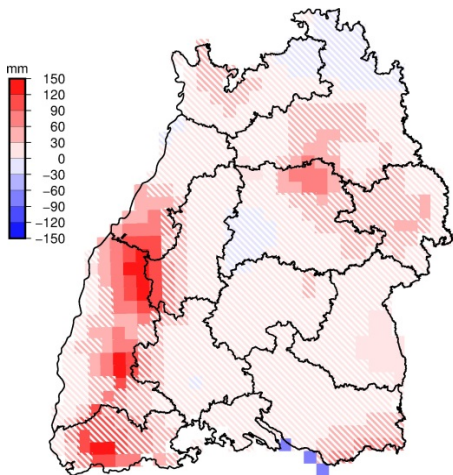
Mittelungszeitraum: März, April, Mai



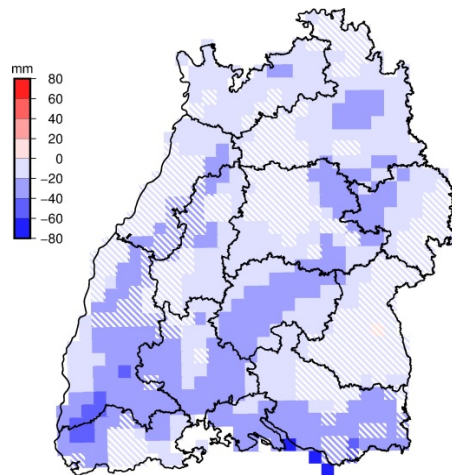
Mittelungszeitraum: Juni, Juli, August



Mittelungszeitraum: September, Oktober, November

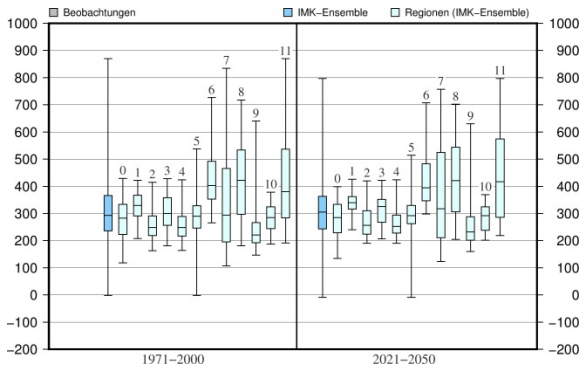


Mittelungszeitraum: 1 Jahr

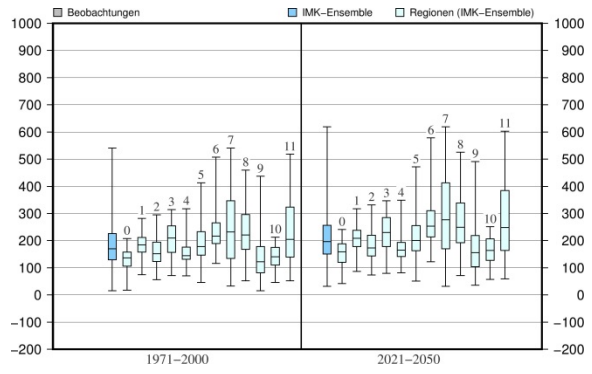


Mittelungszeitraum: Mai bis September

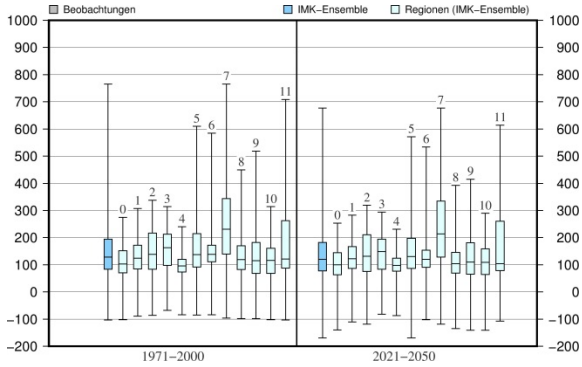
Abbildung 95: Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050) für „Klimatische Wasserbilanz“



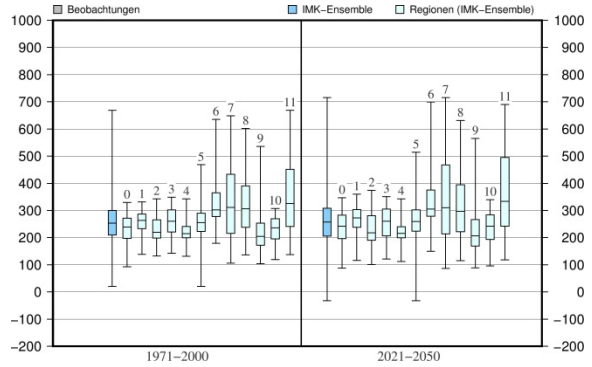
Mittlungszeitraum: Dezember, Januar, Februar



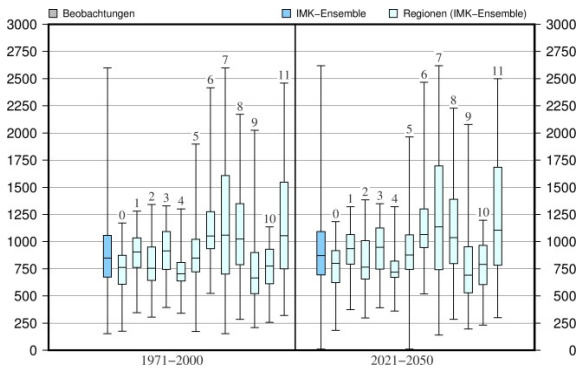
Mittlungszeitraum: März, April, Mai



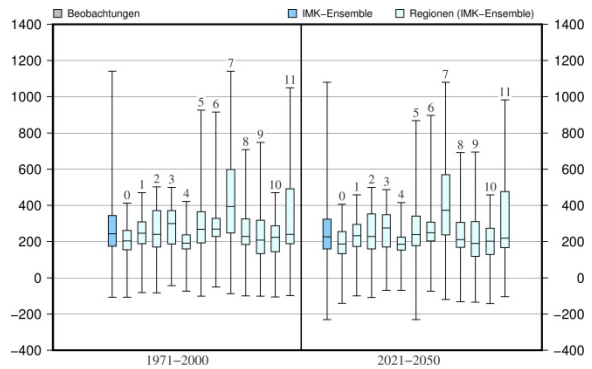
Mittlungszeitraum: Juni, Juli, August



Mittlungszeitraum: September, Oktober, November



Mittlungszeitraum: 1 Jahr



Mittlungszeitraum: Mai bis September

Abbildung 96: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Klimatische Wasserbilanz)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
siehe 1)	grün (in Normaljahren) gelb (in Extremjahren wie 2003 oder 2015)	siehe 2)	siehe 2)	siehe 3)

- 1) „Regional sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse Ihrer Rechnungen und der Rechnungen der LUBW/Hydron im Rahmen der Anpassungsstrategie kommen regional zu unterschiedlichen Ergebnissen. Im Kern und für B-W stimmt die Aussage aber überein: Bis Mitte des Jahrhunderts sind keine dramatischen Änderungen zu erwarten: Die Erhöhung der Durchschnittstemperatur bleibt moderat, der Niederschlagsrückgang auch und damit auch Änderungen der klimatischen Wasserbilanz (Bezugszeitraum Vegetationsperiode). Wie Berechnungen im Projekt KLIWA (Heft 17) gezeigt haben, nimmt die Anzahl der Tage, in denen 30% der nFK unterschritten werden (Trockenheitsindex), allerdings selbst bei moderatem Niederschlagsrückgang deutlich zu.“ (Experteneinschätzung)
- 2) „Wegen der regional unterschiedlichen Niederschlags- und Evapotranspirationsverhältnisse kann man eigentlich nur angeben, dass eine klimatische Wasserbilanz, die während der Vegetationsperiode insgesamt nahe 0 oder negativ ist, vermutlich nach Anpassungsmaßnahmen verlangt. (Prozentuale Angaben sind nicht sinnvoll). Ob für die Kulturen tatsächlich Wasserdefizit auftritt, hängt neben dem Wasserbedarf und der Wassereffizienz der Kultur vom tatsächlichen Bodenwasservorrat ab, und dieser ist wiederum von den Bodeneigenschaften abhängig (Bodenart, Gründigkeit usw.), u. U. sogar noch von den Niederschlägen vor Mai. Gartenbaukulturen reagieren weitaus empfindlicher auf Wassermangel als Ackerbaukulturen (sie müssen oft auch bei positiver KWB beregnet werden) und auch bei den Ackerbaukulturen reagiert Silomais anders als Getreide (und im Endeffekt ist es auch noch davon abhängig, wann in der Vegetationsperiode eine Trockenperiode auftritt).“ (Experteneinschätzung)
- 3) „Gartenbau und evtl. Obst- und Weinbau: verstärkte Investition in Beregnung/Bewässerung.
Ackerbau: Pflanzenzüchtung auf Trockentoleranz (rechtzeitig vorher, weil bis zur Zulassung mehrere Jahre vergehen).
Trockentolerantere Sorten und ggf. Kulturarten.
Bewirtschaftung, die möglichst lange Zugang zu Wasser sichert (konservierende Bodenbearbeitung, Erschließung tieferer Bodenschichten z.B. durch geeignete Zwischenfrüchte bzw. Fruchtfolgen) bzw. - falls ökonomisch lohnend - Beregnung/Bewässerung.
Aufwand und Kosten für Anpassungsmaßnahmen haben im weitgehend durch den Weltmarkt bzw. EU-Regelungen bestimmten Landwirtschaftssektor Grenzen. Beregnung lohnt nicht, wenn die notwendigen Kosten gegenüber den erzielbaren (Mehr-)Erlösen zu hoch werden.
Im Winterhalbjahr ist mit mehr Niederschlägen, auch Starkniederschläge zu rechnen. Ggf. muss man Anpassungsmaßnahmen gegen die Auswirkungen von zu viel Niederschlag ergreifen:
 - in staunässegefährdeten Standorten Drainagen
 - konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchauflage als Erosionsschutz und für bessere Regenverdaulichkeit des Bodens sowie andere Erosionsschutzmaßnahmen
 - für Bodenbedeckung im Winter sorgen: Wenn nicht Winterungen, dann Zwischenfrüchte
 - Befahrungszeitpunkt und Arbeiten an den Bodenzustand anpassen“
(Experteneinschätzung)

Definition

Jährliche Niederschlagssumme im Frühjahr (März, April, Mai), Sommer (Juni, Juli, August), Herbst (September, Oktober, November), Winter (Dezember, Januar, Februar)

Stadt- und Raumplanung (Grünflächenplanung), Wasserhaushalt

Für Bäume in der Stadt ist eine gleichmäßige Wasserversorgung sehr wichtig, wichtiger noch als in Wäldern. Denn die Lebensbedingungen sind für Bäume in der Stadt ohnehin schwierig aufgrund des geringen verfügbaren Wurzelraums, der Schadstoffbelastung und der geringen Versickerungsmöglichkeiten für Regenwasser durch die Oberflächenversiegelung.

Ein Aspekt ist auch die Unstetigkeit bei Niederschlagsmengen. Starkniederschlag ist nicht in dem Maße für Pflanzen verfügbar wie Landregen. Ideal für Pflanzen in Grünflächen und Stadtbäume ist eine gleichmäßige Verteilung des Niederschlags über das Jahr, mit ca. 50 mm pro Monat und etwas mehr in der Vegetationsperiode März-April-Mai (vgl. auch Klimakenngrößen „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“ → Kapitel 4.3.26 und „Anzahl und Dauer von Trockenperioden zwischen Mai und September“ → Kapitel 4.3.3).

Klimatologie

Unterschiede in den Niederschlagsmengen in Baden-Württemberg sind vor allem durch die Orographie begründet. Deutlich höhere Niederschlagsmengen als im Rest des Landes treten im Schwarzwald und im Allgäu in allen Jahreszeiten auf.

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) lagen die Niederschlagsmengen in den tieferen und mittleren Höhenlagen im Frühjahr zwischen 150 und 250 mm, im Sommer zwischen 200 und 300 mm, im Herbst zwischen 150 und 200 mm und im Winter zwischen 150 und 200 mm, vereinzelt auch darunter. In den Höhenlagen sind die entsprechenden Niederschlagsmengen 300 bis 400 mm (Frühjahr und Herbst) und 300 bis 450 mm (Sommer, Winter), im Sommer im Allgäu sogar noch mehr.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble, keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplanken-Ensemble) werden nach den Berechnungen der Klimamodelle im Frühjahr leichte Zunahmen der saisonalen Niederschlagsmengen erwartet, die in den tieferen Lagen etwa bis 30 mm und in den höheren Lagen bis zu 60 mm betragen. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in weiten Teilen des Landes Zunahmen in den Niederschlagssummen um 15 bis 60 mm gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

Im Sommer hingegen wird im Schwarzwald und westlich davon eine geringe Abnahme der Niederschlagsmengen um 15 bis 30 mm erwartet, im restlichen Baden-Württemberg gibt es keine signifikanten Änderungen (2021-2050, IMK-Ensemble, keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplanken-Ensemble). In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in weiten Teilen des Landes Abnahmen in den Niederschlagssummen zwischen 30 und 60 mm gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

Im Herbst werden in naher und ferner Zukunft (IMK- und Leitplankenensemble) keine statistisch signifikanten Änderungen erwartet. Auch im Winter werden in der nahen Zukunft keine statistisch signifikanten Änderungen erwartet, mit Ausnahme einer leichten Zunahme der Niederschlagsmengen am Westrand des Schwarzwaldes (IMK-Ensemble, keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplanken-Ensemble). In der fernen Zukunft (Leitplanken-Ensemble) werden in Zunahmen in den Niederschlagssummen zwischen 30 und 60 mm gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

Bezogen auf die Wasserversorgung von Pflanzen und Bäumen lassen die Ergebnisse der Klimamodellrechnungen keine negativen Entwicklungen erwarten. Der Wert von 50 mm monatlichem Niederschlag wird

durchschnittlich in keiner Jahreszeit unterschritten. Einzelne besonders trockene Monate können jedoch weiterhin auftreten.

Mittlerer Niederschlag im Frühjahr (März, April, Mai)

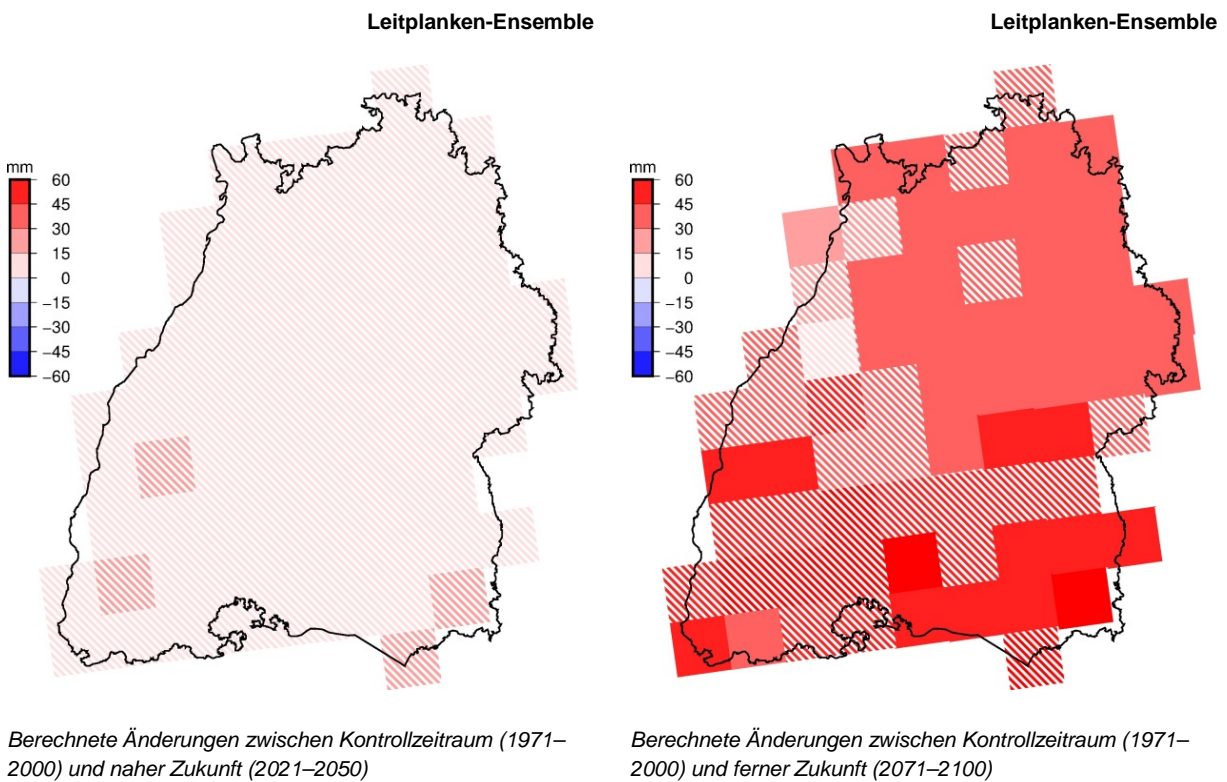
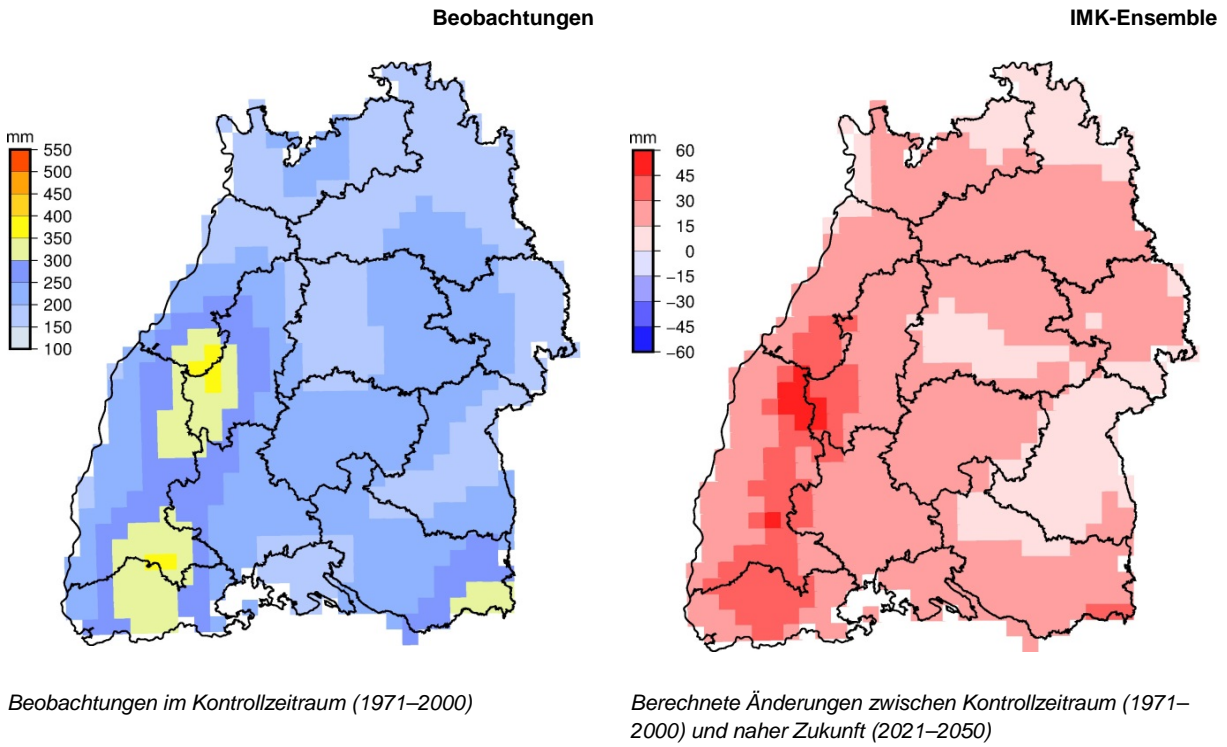
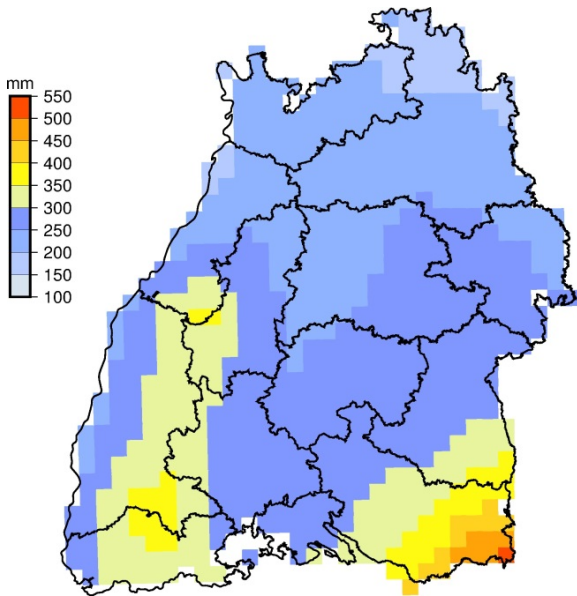


Abbildung 97: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Frühjahr (März, April, Mai)

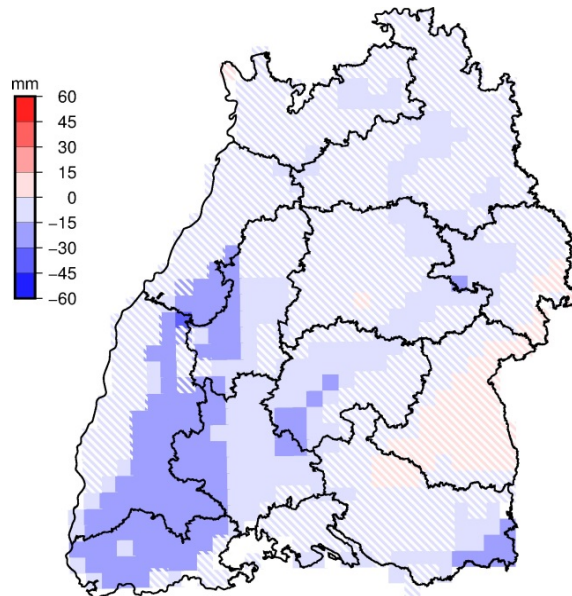
Mittlerer Niederschlag im Sommer (Juni, Juli, August)

Beobachtungen



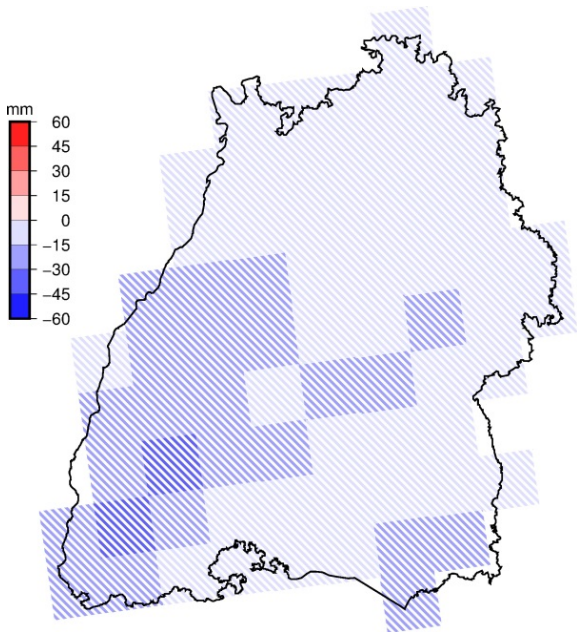
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



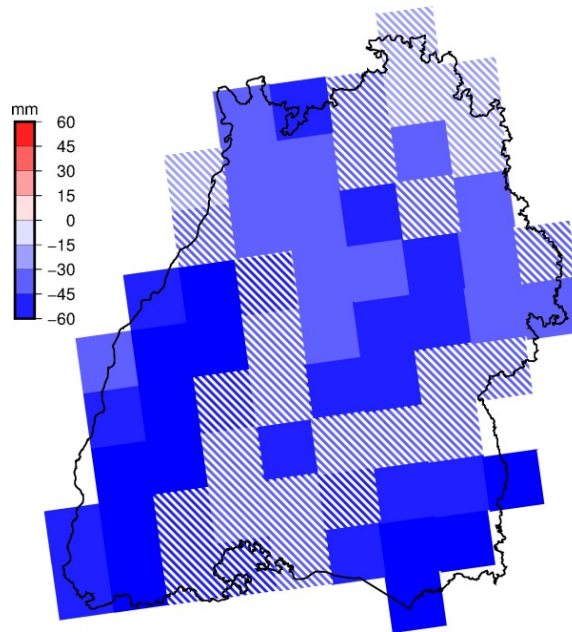
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



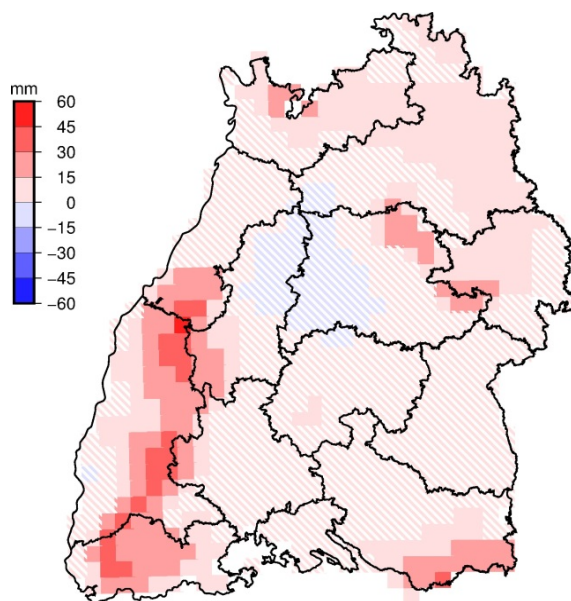
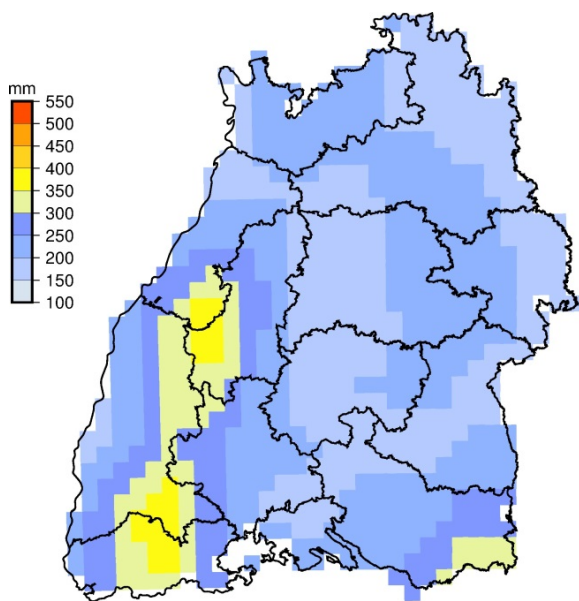
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 98: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Sommer (Juni, Juli, August)

Mittlerer Niederschlag im Herbst (September, Oktober, November)

Beobachtungen

IMK-Ensemble

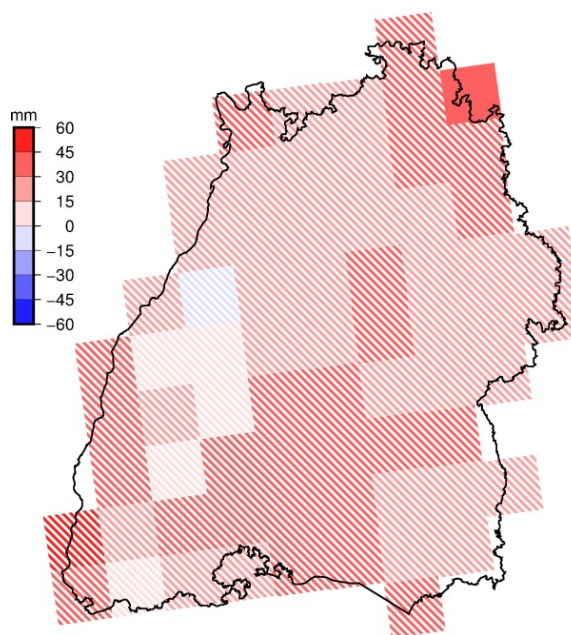
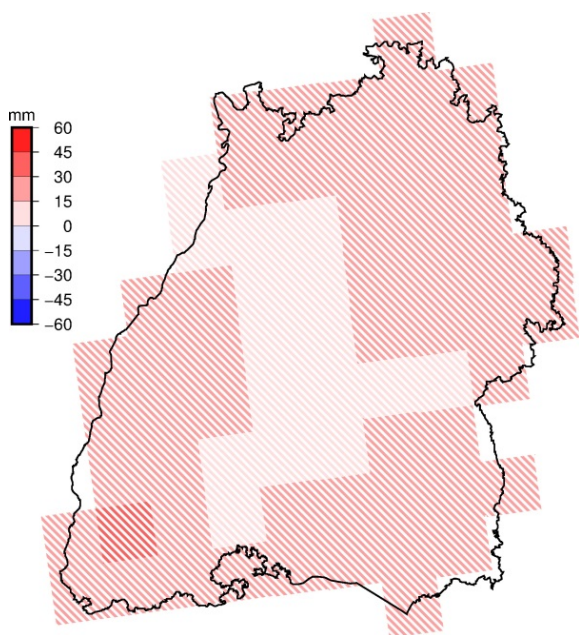


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

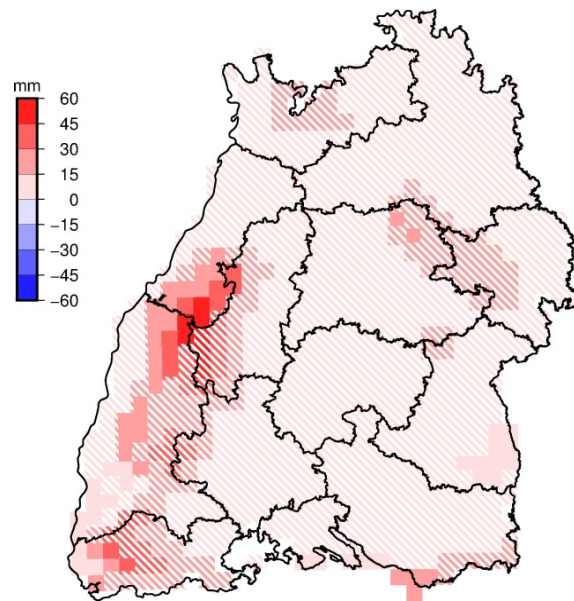
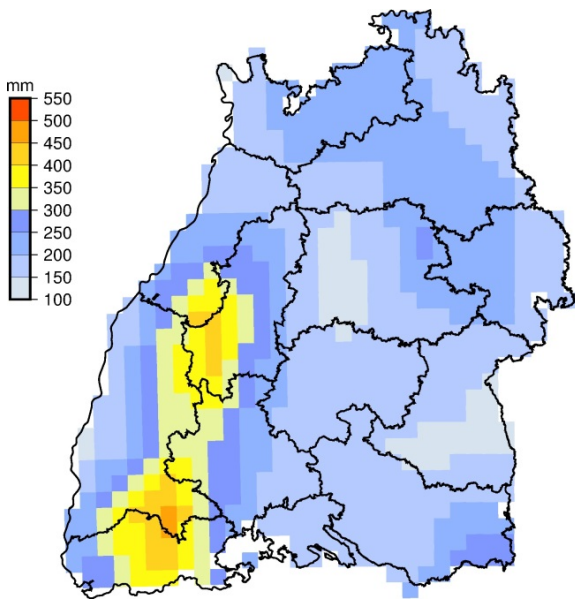
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 99: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Herbst (September, Oktober, November)

Mittlerer Niederschlag im Winter (Dezember, Januar, Februar)

Beobachtungen

IMK-Ensemble

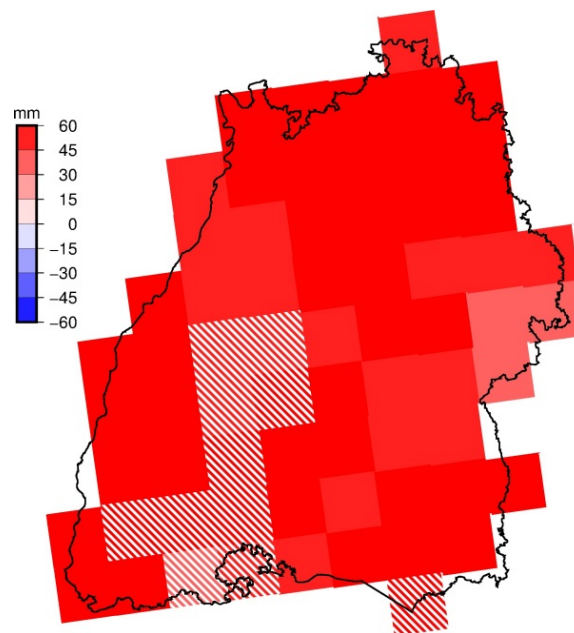
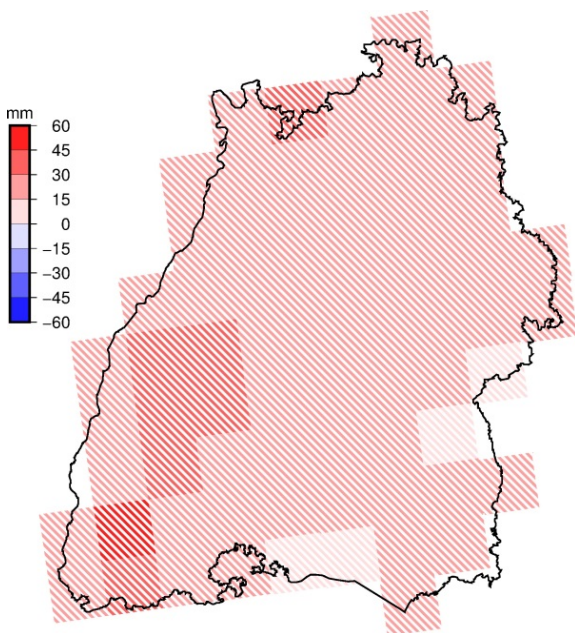


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 100: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)

Tabelle 34: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Frühjahr)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	156	194	210	234	353
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	132	200	243	302	915
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	156	194	211	240	375
IMK-Ensemble	1971-2000	145	189	208	243	482
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	126	214	253	309	890
IMK-Ensemble	2021-2050	142	204	228	266	560
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	136	244	291	349	928

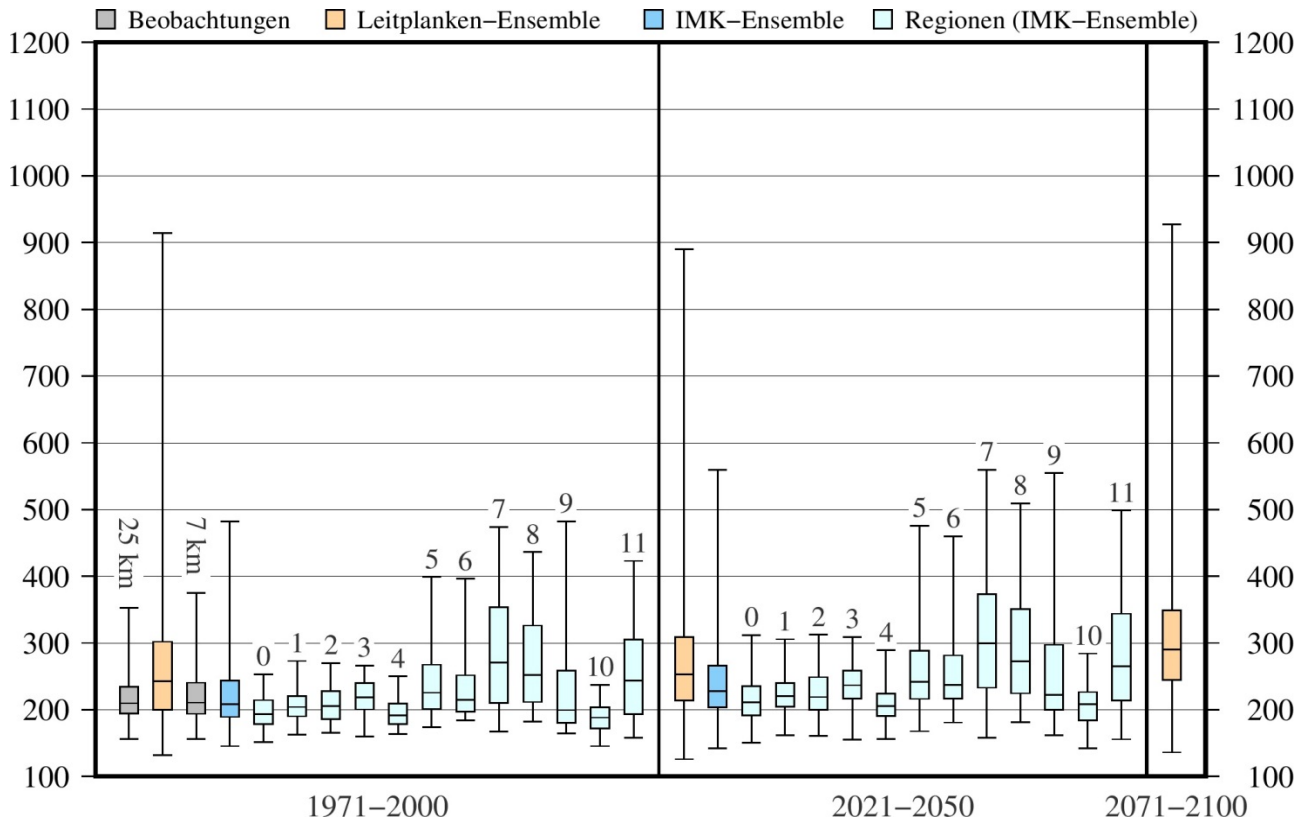


Abbildung 101: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Frühjahr)

Tabelle 35: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Sommer)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	186	230	270	293	422
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	154	242	283	337	1132
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	187	234	272	298	513
IMK-Ensemble	1971-2000	180	237	269	309	535
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	124	226	270	326	1049
IMK-Ensemble	2021-2050	152	230	262	300	551
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	107	200	238	291	874

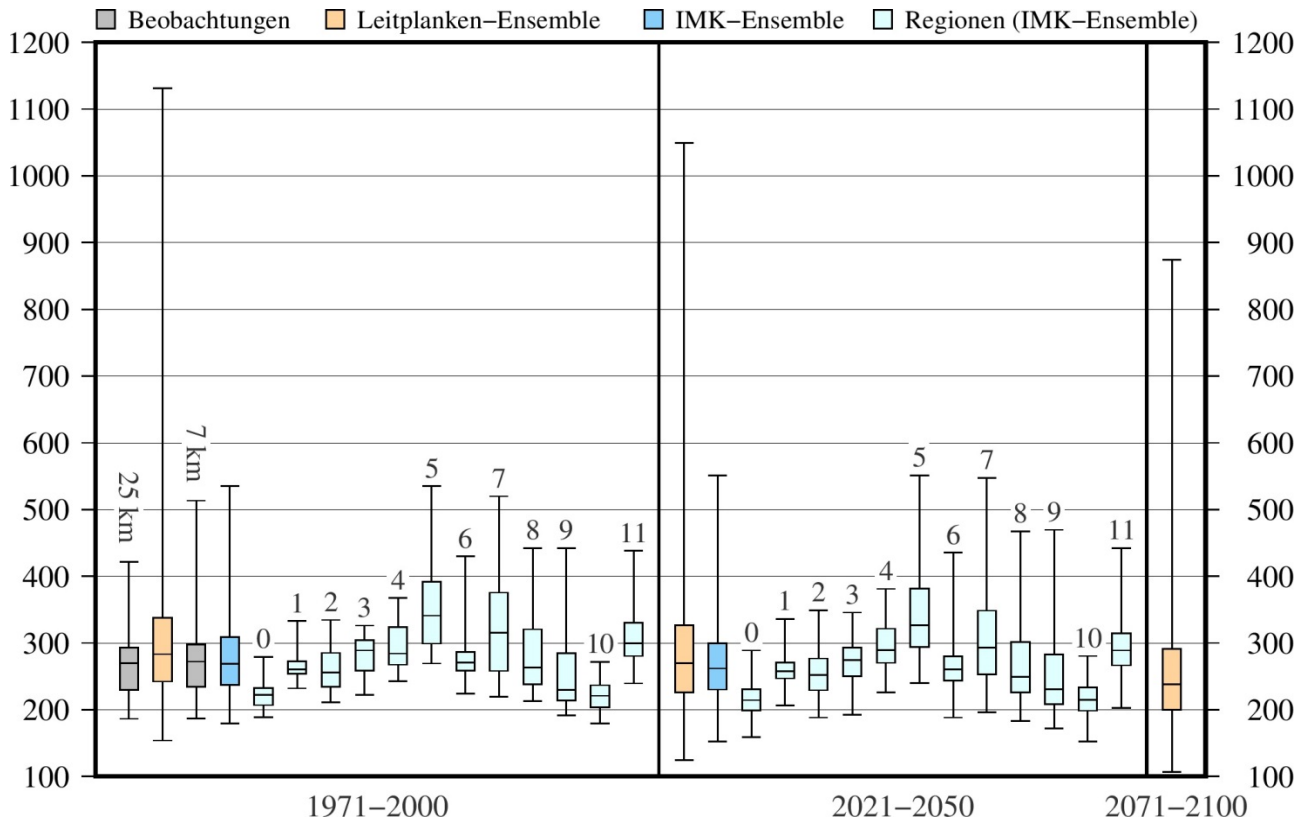


Abbildung 102: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Sommer)

Tabelle 36: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Herbst)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	158	197	208	238	371
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	121	202	238	301	975
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	159	196	209	246	396
IMK-Ensemble	1971-2000	147	190	209	248	530
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	128	216	259	326	1019
IMK-Ensemble	2021-2050	124	193	217	260	631
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	136	229	269	336	1067

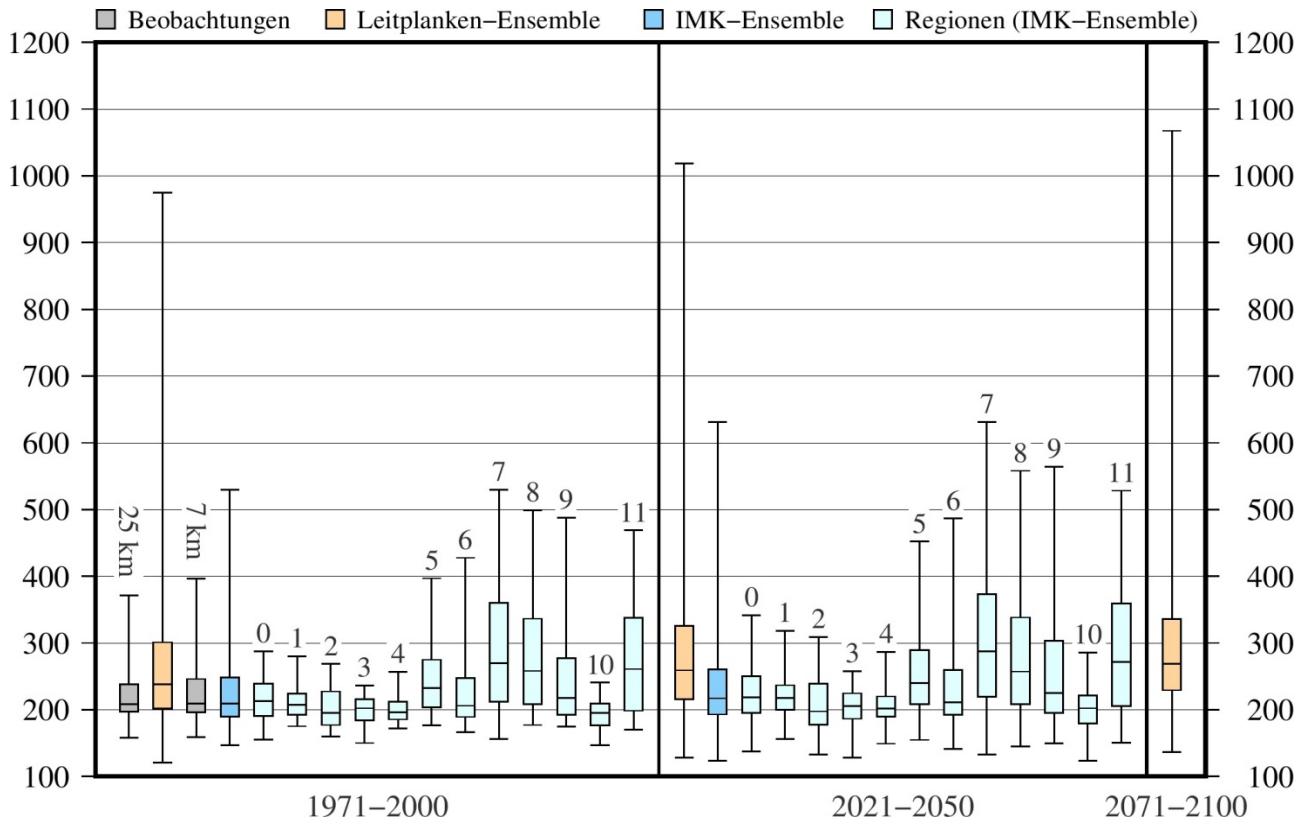


Abbildung 103: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Herbst)

Tabelle 37: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Winter)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	139	167	200	231	409
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	117	204	257	329	1053
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	131	171	198	239	469
IMK-Ensemble	1971-2000	113	163	193	239	598
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	124	219	278	355	1103
IMK-Ensemble	2021-2050	104	168	202	257	756
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	132	267	321	398	1172

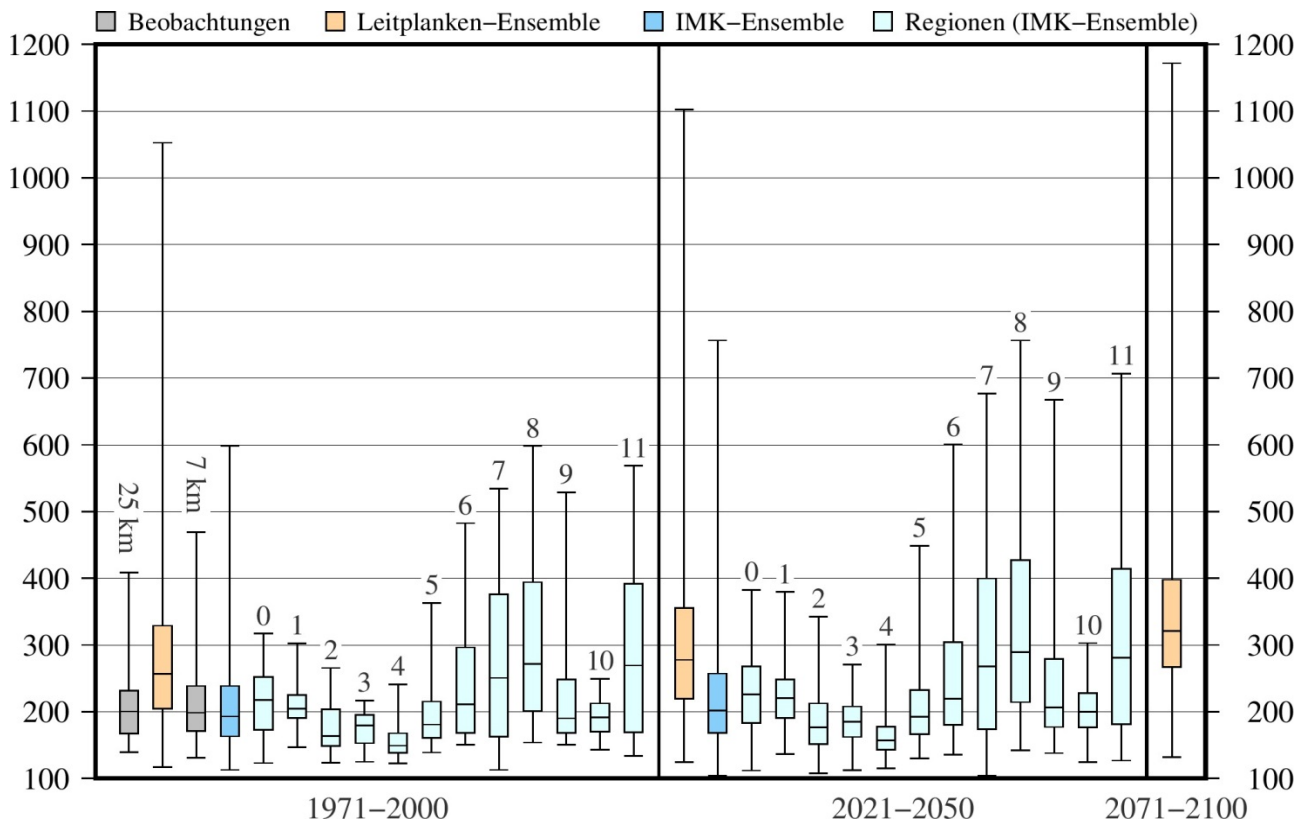


Abbildung 104: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Winter)

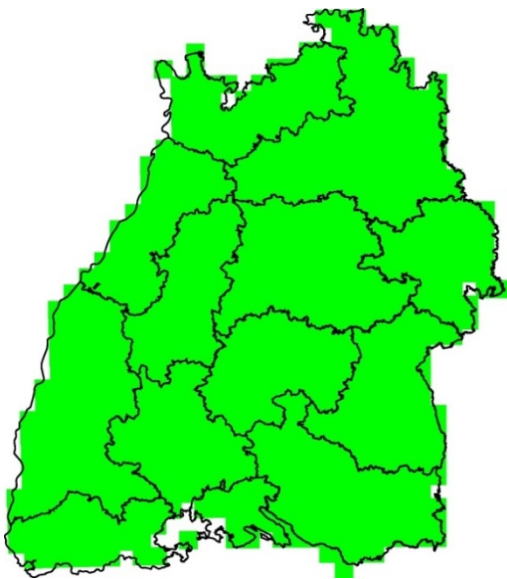
Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg	grün	-20 %	-30 %	„Künstliche (automatisierte) Bewässerung vieler Stadtbäume (wahrscheinlich selbst in der Grundwasserreichen Region 9 unbezahlbar), sukzessive Umstellung der Vegetation auf mediterrane Verhältnisse (geschieht wahrscheinlich auch zwangsläufig durch Einwanderung wärme liebender Arten.“ (Experteneinschätzung)

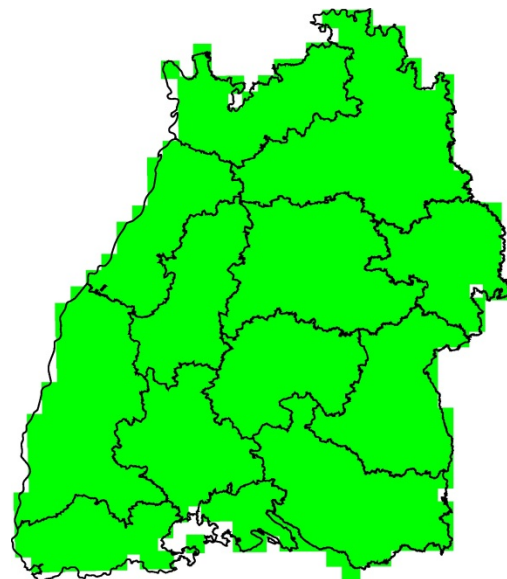
Mittlerer Niederschlag im Frühjahr (März, April, Mai)

Beobachtungen

IMK-Ensemble



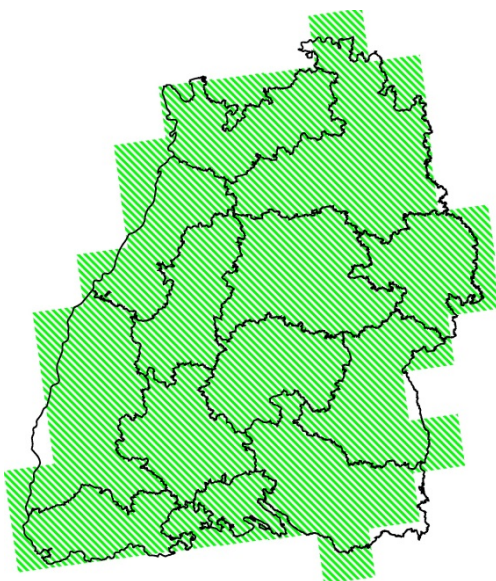
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)



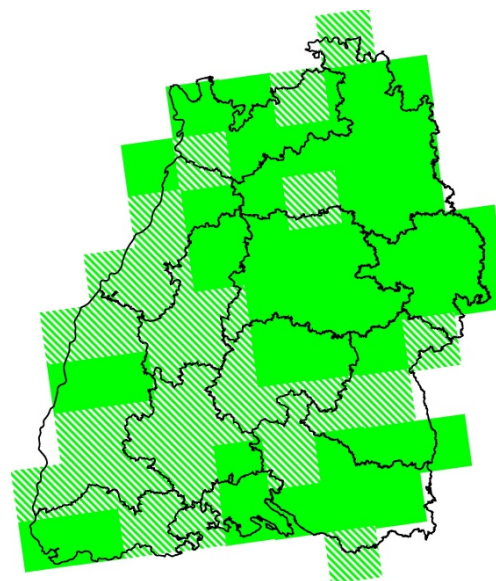
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)



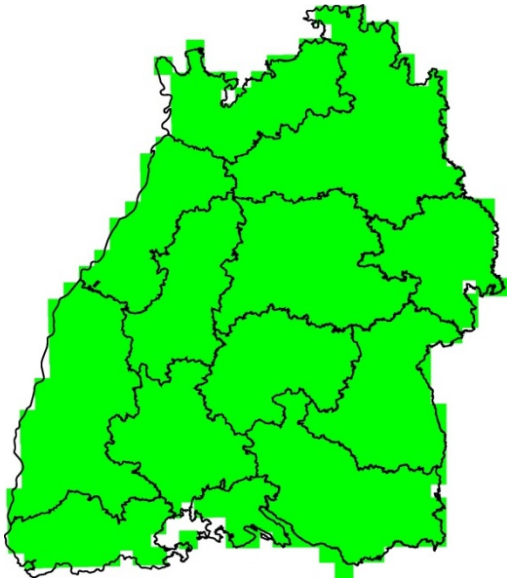
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 105: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Frühjahr (März, April, Mai)

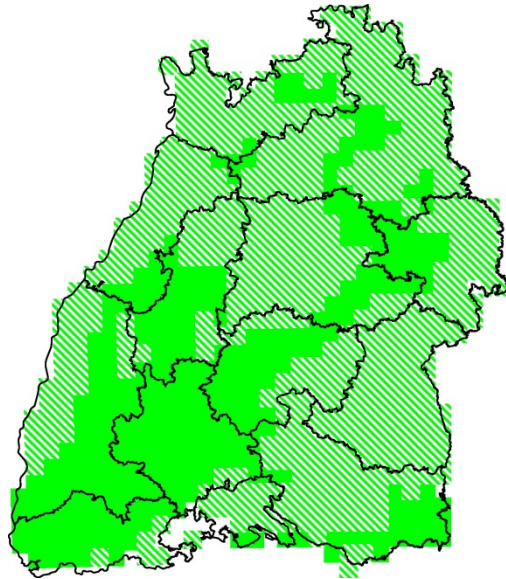
Mittlerer Niederschlag im Sommer (Juni, Juli, August)

Beobachtungen

IMK-Ensemble



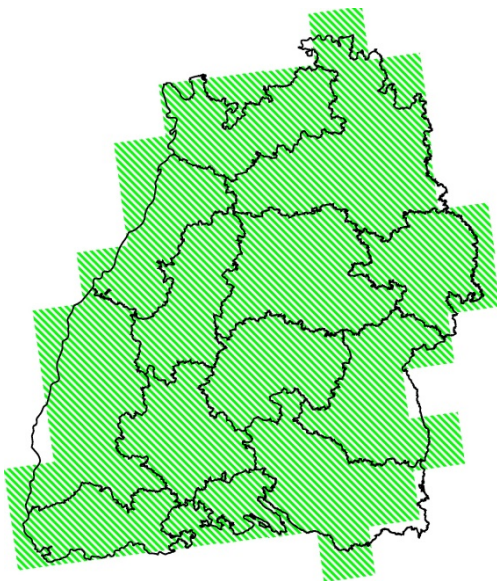
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)



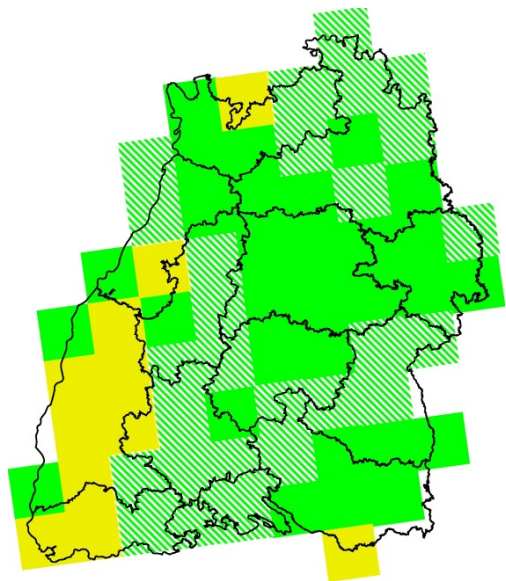
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



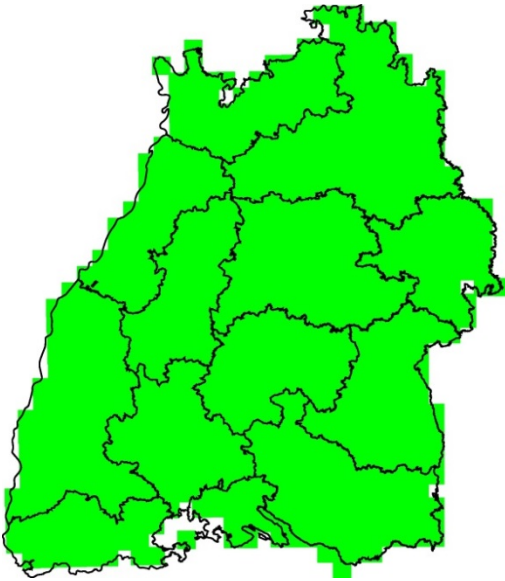
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 106: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Sommer (Juni, Juli, August)

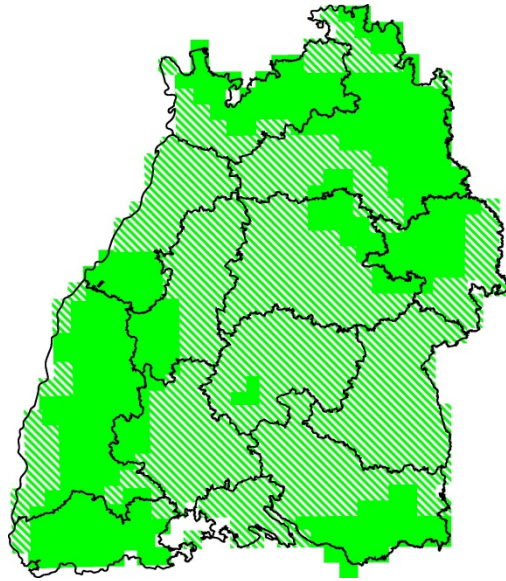
Mittlerer Niederschlag im Herbst (September, Oktober, November)

Beobachtungen

IMK-Ensemble



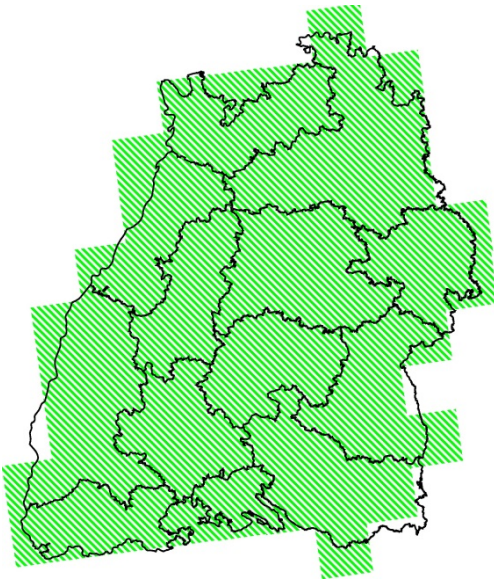
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)



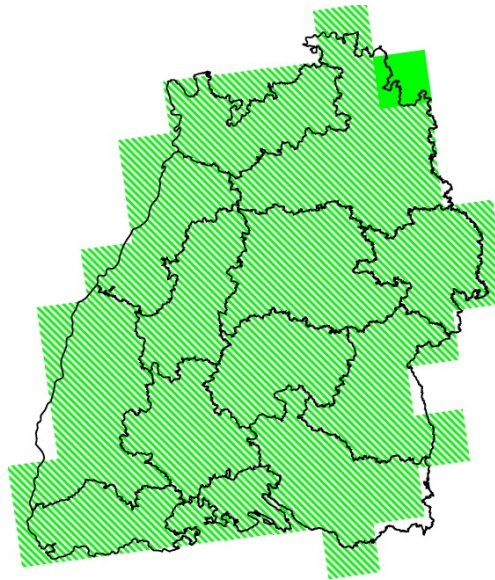
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



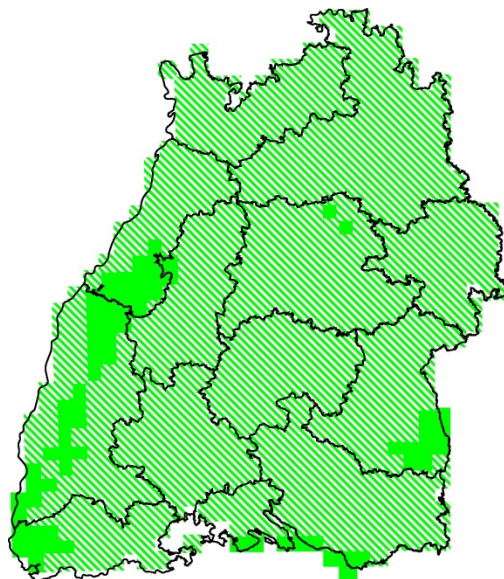
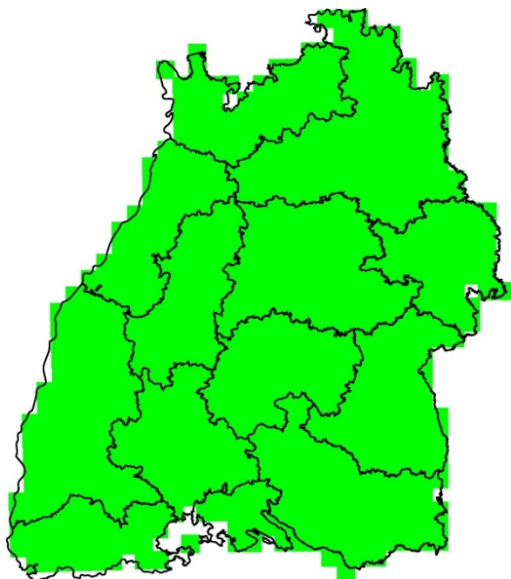
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 107: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Herbst (September, Oktober, November)

Mittlerer Niederschlag im Winter (Dezember, Januar, Februar)

Beobachtungen

IMK-Ensemble

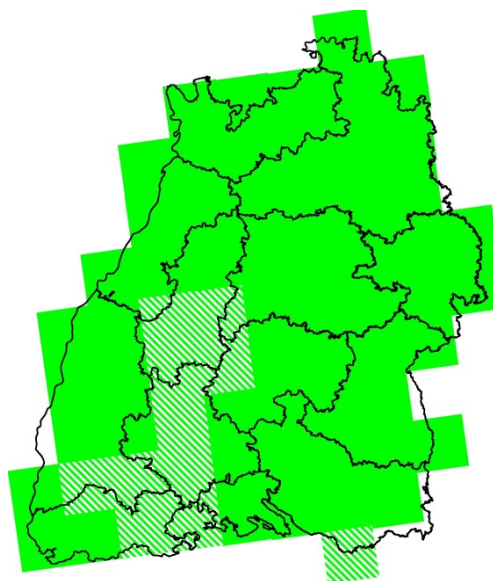
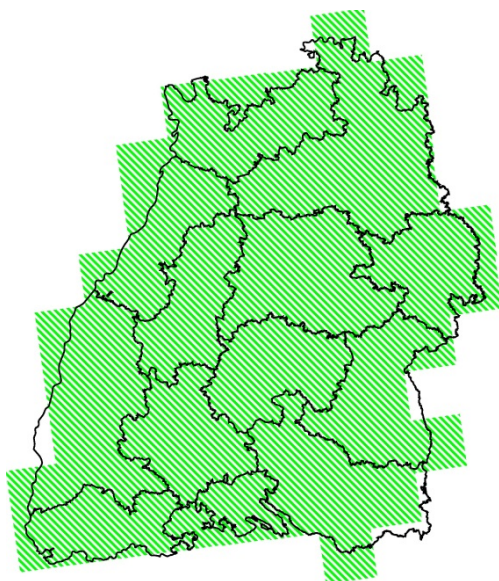


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 108: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)

Definition

Anzahl Perioden pro Jahr mit mindestens drei Tagen in Folge mit Niederschlägen über 10 mm

Naturschutz und Biodiversität (Naturschutz)

Treten mehrere Tage mit hohen Niederschlagsmengen hintereinander auf, reagieren Ökosysteme, beispielsweise Moore, sehr rasch mit einem Anstieg des Wasserstandes, was lokale Überschwemmungen zur Folge haben kann.

Im Jahr 2015 gab es mehrere Tage in Folge starke Regenfälle. Dadurch ausgelöste Überschwemmungen durch ansteigende Wasserpegel betreffen Landschaften wie Bach- und Flusstäler und Moore. Da dies im Frühjahr passierte, wurden beispielsweise am Federsee in Oberschwaben viele Vogelnester am Ufer des Sees überflutet und die Population spürbar dezimiert.

Auch hatte die Landwirtschaft sogar auf sonst trockenen Standorten außerhalb der Täler große Probleme mit der Bewirtschaftung.

Klimatologie

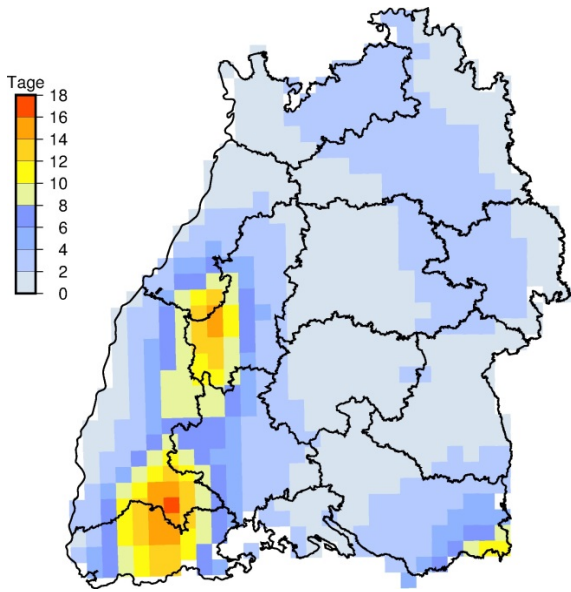
Durchschnittlich traten in Baden-Württemberg in den meisten Regionen, darunter die Region Bodensee-Oberschwaben, durchschnittlich zwischen 0 und 4 Perioden pro Jahr auf, in denen an mehr als drei Tagen in Folge Niederschläge über 10 mm fielen. Nur in den höheren Lagen im Schwarzwald und im Allgäu traten mit 8 bis 18 Perioden pro Jahr mehr auf. Die Klimamodelle des IMK-Ensembles geben die Beobachtungen gut wieder.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble und Leitplankenensemble) lassen die Berechnungen der Klimamodelle kaum Veränderungen erwarten (bis auf eine leichte Zunahme im Schwarzwald im IMK-Ensemble), ebenso wenig für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble).

Sensitivitätsampel

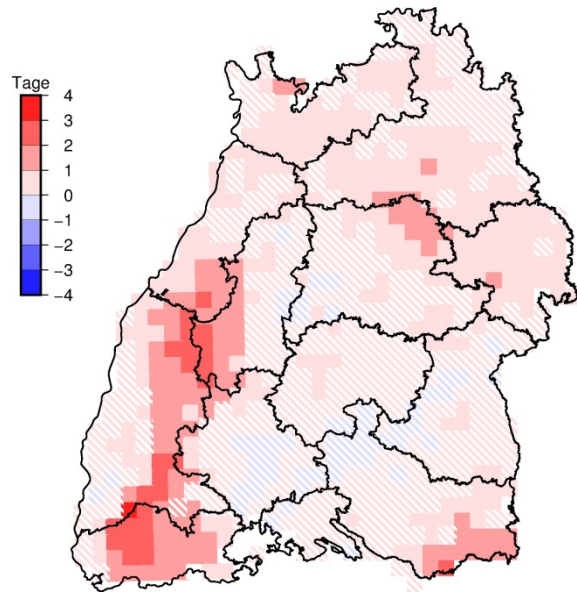
Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Beobachtungen



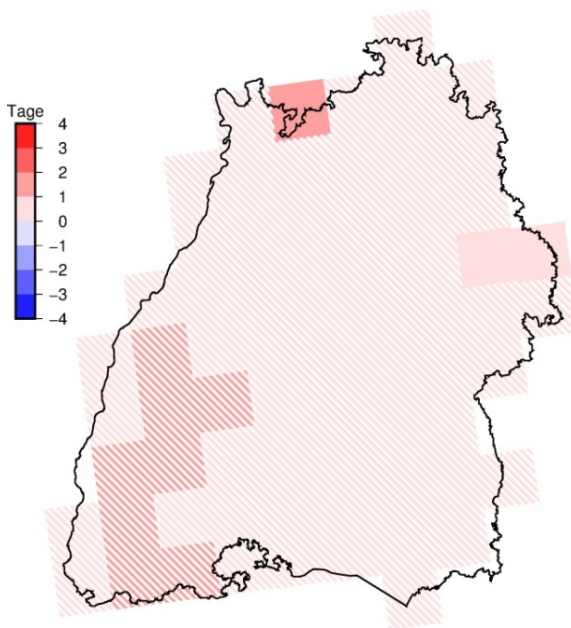
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



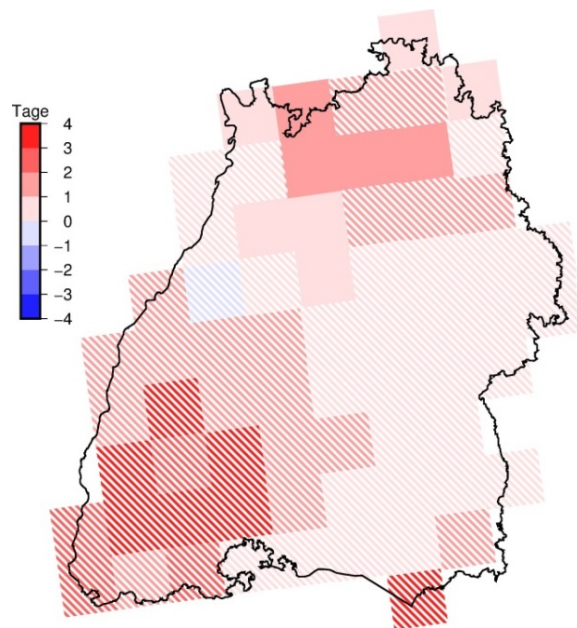
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 109: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Nasse Tage in Folge“

Tabelle 38: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Nasse Tage in Folge)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.5	1.4	2.3	3.2	13.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.1	1.3	2.2	5.0	67.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.4	1.6	2.2	3.4	17.3
IMK-Ensemble	1971-2000	0.1	1.3	2.0	3.3	23.3
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.1	1.6	2.8	5.8	60.3
IMK-Ensemble	2021-2050	0.1	1.5	2.3	4.0	27.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.1	1.8	3.3	7.0	59.7

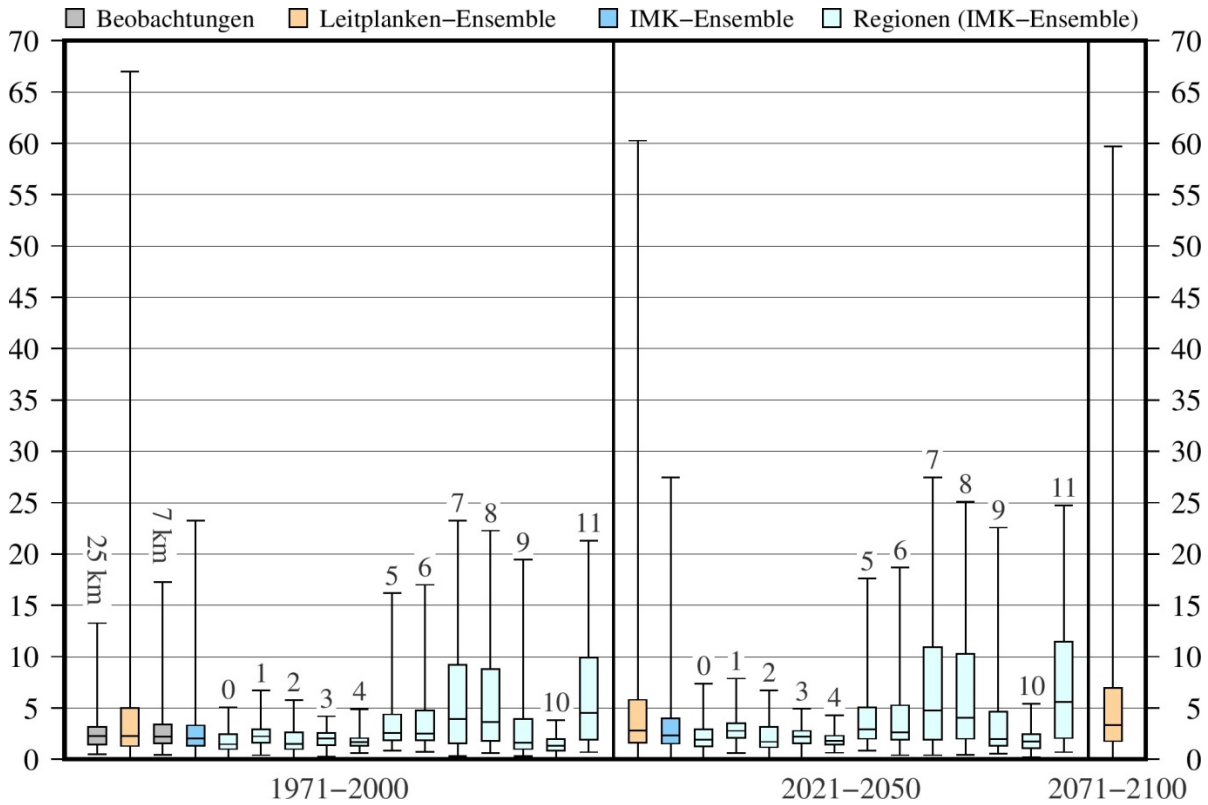


Abbildung 110: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Nasse Tage in Folge)

Definition

Jährliche Anzahl von Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August. Eine Niederschlagsperiode ist dabei eine Folge von mehr als 7 Tagen mit einer Tagesniederschlagsmenge größer gleich 0,1 mm

Landwirtschaft (Getreideanbau)

Die Haltbarkeit des Getreides nimmt mit seiner Feuchtigkeit ab (siehe auch Klimakenngröße „Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November“ → Kapitel 4.3.24). So kann Roggen mit 20 % Feuchtegehalt bei einer Temperatur von 20 °C nur knapp 8 Tage gelagert werden, bevor Keim- und Schimmelbildung einsetzt. Bei einem Feuchtegehalt von 16 % ist dagegen eine Lagerung über 30 Tage möglich (Kellermann, 1966). Schon ein leichter Dauerregen über eine Woche hinweg kann in der Erntezeit, meist Juli oder August, die Qualität des Getreides mindern (im Folgenden Beeinträchtigung der Getreideernte genannt), da entweder der Verkaufswert sinkt oder Kosten aufgrund von Trocknung entstehen.

„Längere feuchte Phasen bedeuteten auch eine stärkere Gefahr für den Befall mit pathogenen Pilzen im stehenden Getreidebestand (in diesem Fall je nach Pilz nicht nur Körner, sondern auch Blätter und Stängel). Außerdem steigt die Gefahr, dass das Getreide „ins Lager geht“, d. h. niedergedrückt wird. Dadurch wird vor allem der Krankheitsdruck erhöht, das Wachstum vermindert sich, in der Regel sinkt der Ertrag und die Qualität des Ernteguts deutlich. Zudem wird die Ernte erschwert. Feuchte Phasen vor der Ernte führen oft zu verstärktem Auswuchs von Getreide. Auswuchs bedeutet, dass die Körner schon in der Ähre bzw. Rispe keimen. Das ist aus verschiedenen Gründen unerwünscht und stellt eine Minderung der Qualität dar. Gewünscht ist eine Feuchte von höchstens 15 %, besser 14 % bei Getreide und 11 %, besser 9 % bei Raps, um Trocknungskosten zu vermeiden. Mit steigender Feuchte wächst auch der Krankheitsdruck nicht nur beim bereits geernteten Getreide im Lager, sondern schon auf dem Halm. Zu schlechter Letzt: Wenn es um den vom Reifezustand her eigentlich geeigneten Erntezeitpunkt herum immer regnet, ist auch der Boden schlecht befahrbar.“ (Experteneinschätzung)

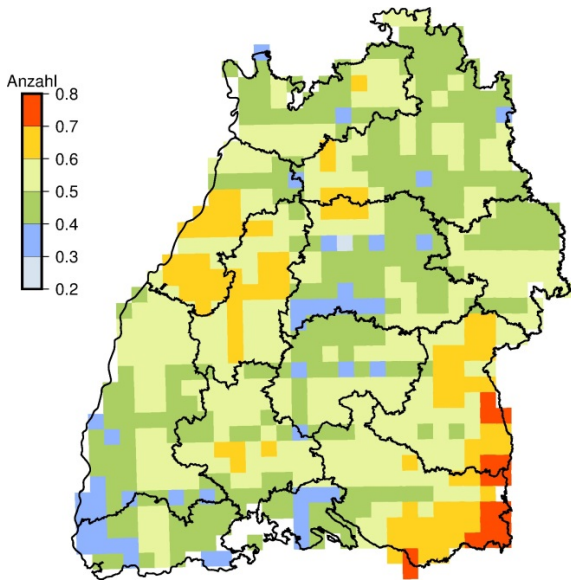
Klimatologie

Nach den Beobachtungen tritt in Baden-Württemberg im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich etwa 0,5 mal pro Jahr in Juli und August eine Periode auf, in der es mehr als 7 Tage in Folge regnet. Das heißt, eine solche Periode kommt durchschnittlich in jedem zweiten Jahr vor.

Dabei wird die größte Häufigkeit im Osten der Regionen Bodensee-Oberschwaben und Donau-Iller mit bis zu 0,8 Perioden, d. h. in vier von fünf Jahren, beobachtet. In den anderen Regionen Baden-Württembergs sind es durchschnittlich zwischen 0,4 und 0,7 Perioden pro Jahr mit Beeinträchtigung der Getreideernte. Die Klimamodellberechnungen unterschätzen die Anzahl der Perioden deutlich, sodass im Folgenden vor allem auf die in der Zukunft erwarteten Änderungen statt auf die absoluten Zahlen Bezug genommen wird.

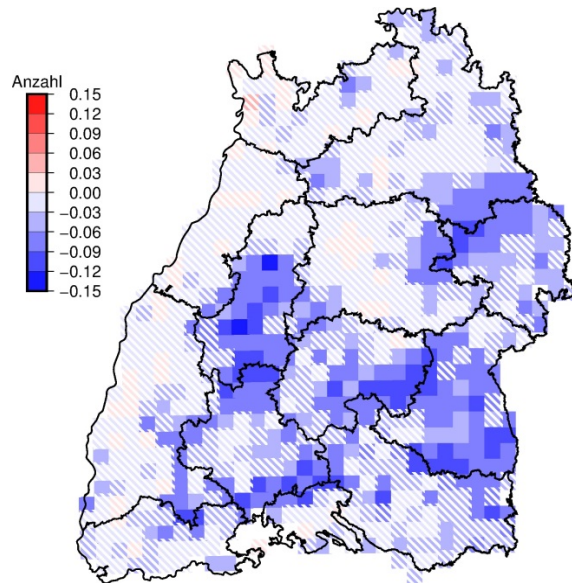
Anhand des Box-Whisker-Plots ist keine Änderung des Medians für Baden-Württemberg in der Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplankenensemble) zu erkennen. Für die meisten Regionen Baden-Württembergs werden ebenfalls kaum Änderungen erwartet. Eine leichte, statistisch signifikante Abnahme der Zahl an Niederschlagsperioden in Juli und August wird lediglich in den Simulationen des IMK-Ensembles in den Regionen Donau-Iller und Nordschwarzwald erwartet. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) sind die von den Klimamodellen berechneten Änderungen in den meisten Teilen des Landes ebenfalls nicht statistisch signifikant, abgesehen von Abnahmen an einzelnen Modell-Gitterpunkten im Westen und Südosten. Dies bedeutet, dass sich die Bedingungen für die Getreideernte in Bezug auf Niederschlagsperioden durchschnittlich nicht verändern werden. Zu beachten bleibt aber die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

Beobachtungen



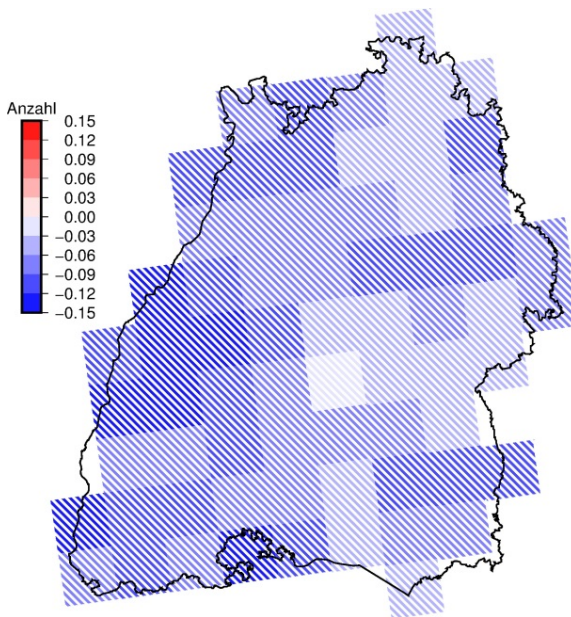
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



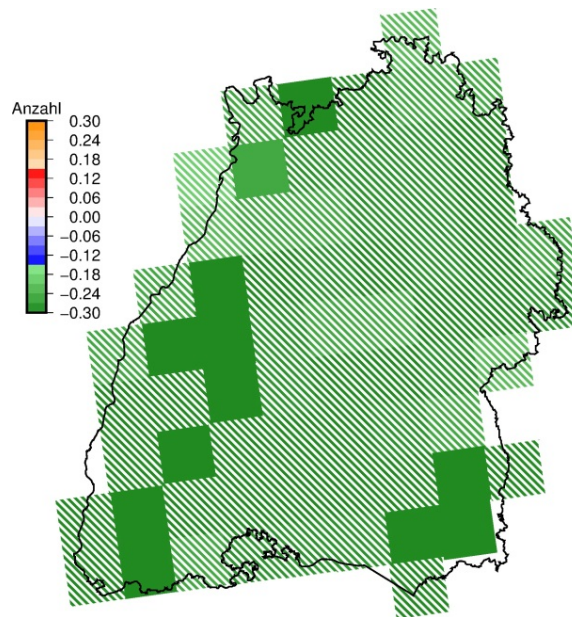
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 111: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August“

Tabelle 39: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.3	0.6	1.0	2.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.3	0.4	0.5	0.5	0.8
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.2	0.3	0.4	1.3
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.2	0.5	0.9	2.2
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.1	0.2	0.4	1.3
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.2	0.3	0.6	1.4

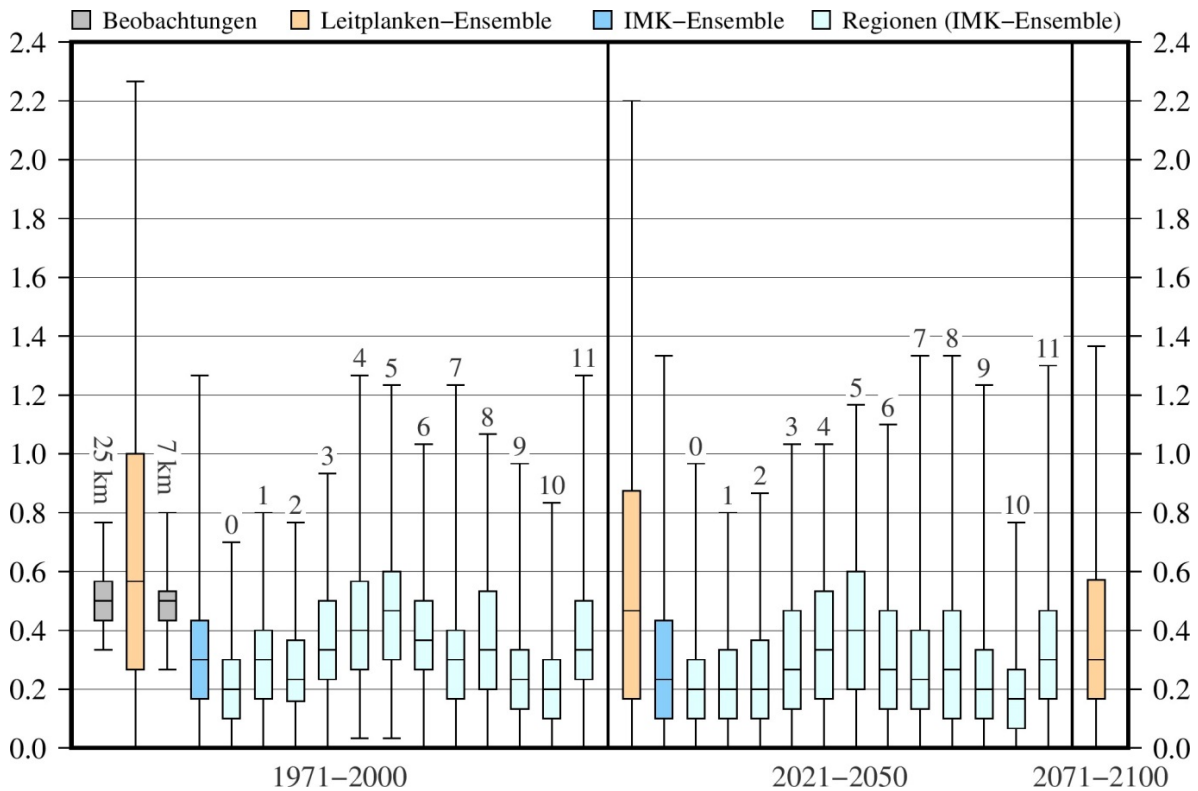


Abbildung 112: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Regional unterschiedlich	grün	„nicht relevant, weil sich kaum etwas ändert“	„nicht relevant, weil sich kaum etwas ändert“	Keine Angabe

Definition

Jährliche Anzahl von Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November. Eine Niederschlagsperiode ist dabei eine Folge von mehr als 7 Tagen mit einer Tagesniederschlagsmenge größer gleich 0,1 mm

Landwirtschaft (Maisanbau)

Die Haltbarkeit von Mais nimmt mit der Feuchte ab (siehe auch Klimakenngröße „Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August“ → Kapitel 4.3.23). Bei Dauerregen in der Erntezeit (mehr als sieben Tage in Folge) ist der geerntete Mais besonders feucht und ohne künstliches Trocknen besonders schadensanfällig (im Folgenden auch Beeinträchtigung der Maisernte genannt). Dadurch entstehen bei Landwirten bereits heutzutage Schäden in mittlerer Höhe (Mußhoff, 2012). Ein häufigeres Auftreten solcher Dauerregen-Perioden könnte daher die Erträge mindern und zusätzliche Kosten verursachen.

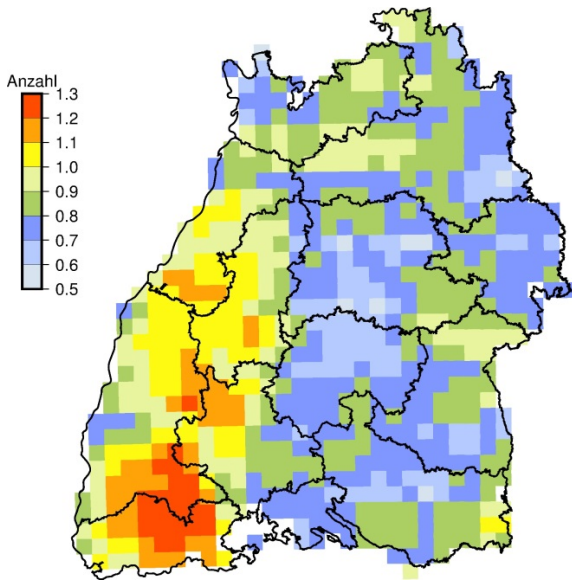
Klimatologie

Die Beobachtungen für Baden-Württemberg zeigen im Kontrollzeitraum (1971-2000) ein durchschnittliches Auftreten von Dauerregen-Perioden von ca. 0,8 pro Jahr. Das bedeutet, dass eine solche Periode durchschnittlich in vier von fünf Jahren vorkommt.

Die höchste Anzahl an Tagen tritt entlang des Schwarzwaldes mit bis zu 1,3 Perioden in den Monaten September bis November auf. Auch in der Region Mittlerer Oberrhein gibt es zwischen 1 und 1,3 Perioden pro Jahr mit Beeinträchtigung der Maisernte. Die Werte im restlichen Baden-Württemberg schwanken im Bereich von 0,5 bis 1 Periode. Die Klimamodellberechnungen unterschätzen die Anzahl der Tage mit Beeinträchtigung der Maisernte deutlich, sodass im Folgenden vor allem auf die in der Zukunft erwarteten Änderungen statt auf die absoluten Zahlen Bezug genommen wird.

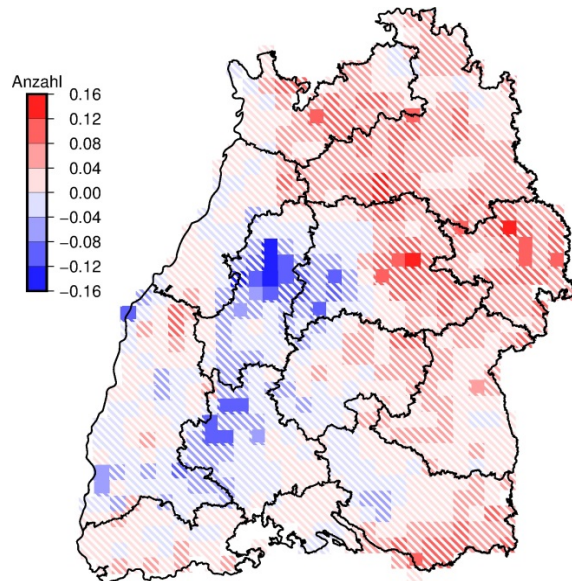
Im Box-Whisker-Plot sind nur geringe Änderungen in der Anzahl Perioden mit Beeinträchtigung der Maisernte in der nahen Zukunft (2021-2050) zu erkennen. Die erwarteten Änderungen in den einzelnen Regionen sind so gering, dass sie statistisch nicht signifikant sind. Nur an vereinzelten Gitterpunkten ist eine signifikante Zunahme und Abnahme der Anzahl von Niederschlagsperioden zu erwarten. Zu beachten bleibt aber die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr. Die Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles (nahe und ferne Zukunft, 2021-2050 und 2071-2100) sind statistisch nicht signifikant.

Beobachtungen



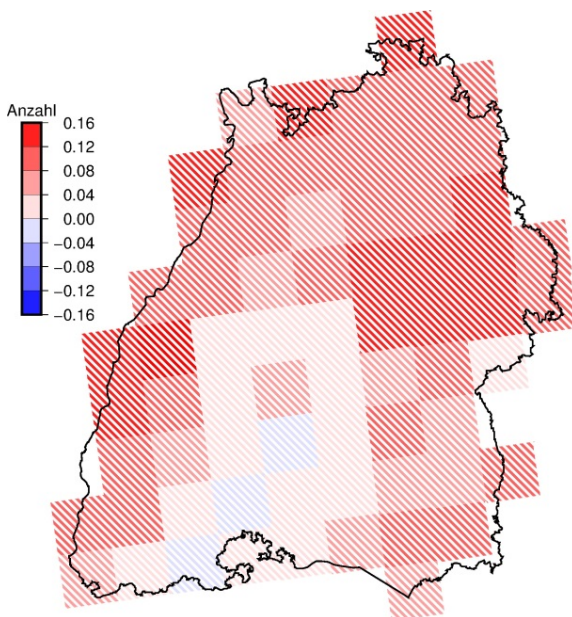
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



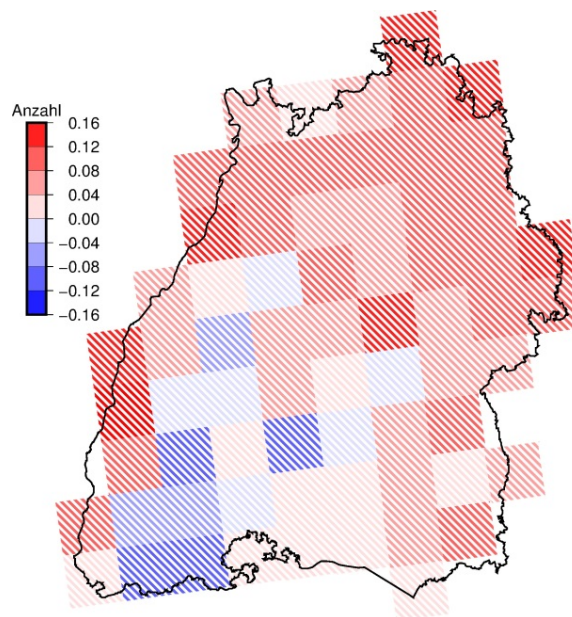
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 113: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November“

Tabelle 40: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.6	0.7	0.8	0.9	1.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.4	1.1	1.6	2.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.5	0.7	0.8	0.9	1.3
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.3	0.4	0.5	1.3
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.1	0.4	1.2	1.7	2.8
IMK-Ensemble	2021-2050	0.1	0.3	0.4	0.5	1.1
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.1	0.6	1.1	1.6	2.6

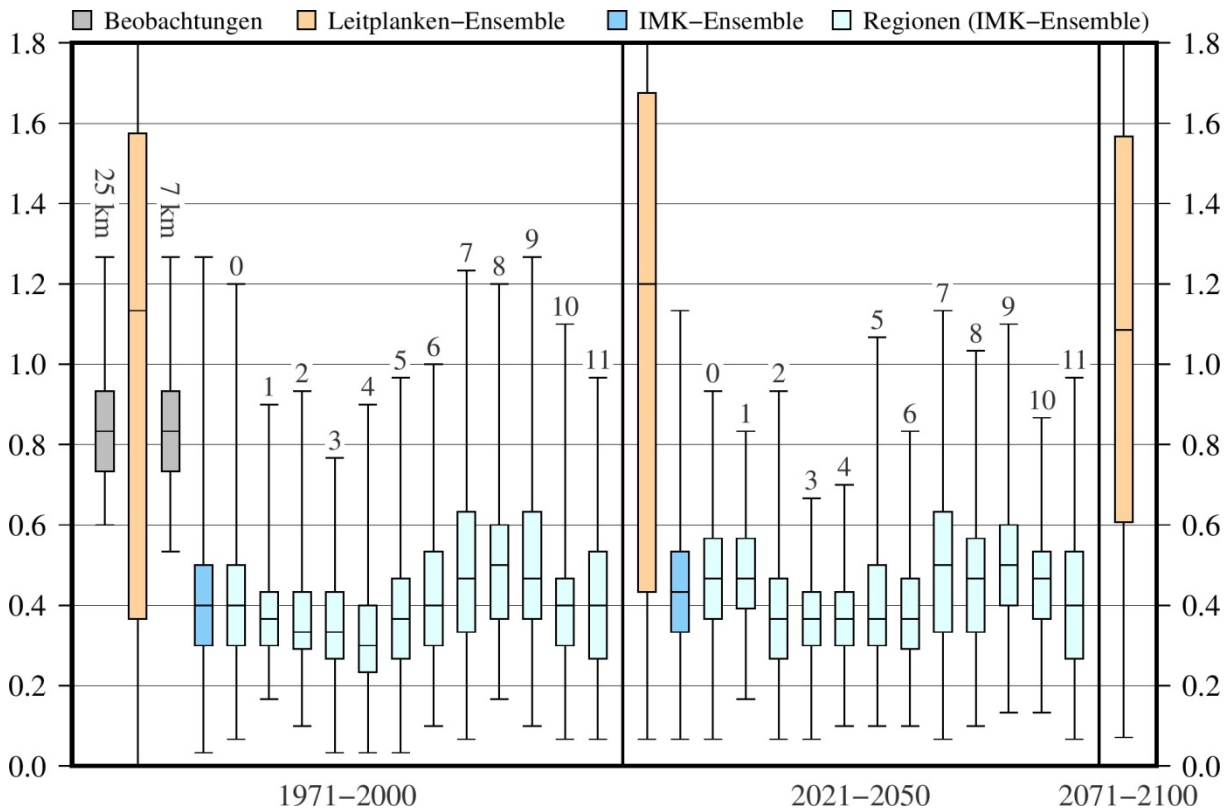


Abbildung 114: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November)

Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Regional unterschiedlich	grün	„nicht relevant, weil sich kaum etwas ändert“	„nicht relevant, weil sich kaum etwas ändert“	Keine Angabe

Definition

Niederschlagssumme, die in den drei niederschlagsreichsten Frühjahren des 30-Jahres-Zeitraums mindestens erreicht wurde

Niederschlagssumme, die in den drei niederschlagsreichsten Sommern des 30-Jahres-Zeitraums mindestens erreicht wurde

Niederschlagssumme, die in den drei niederschlagsreichsten Herbstern des 30-Jahres-Zeitraums mindestens erreicht wurde

Niederschlagssumme, die in den drei niederschlagsreichsten Wintern des 30-Jahres-Zeitraums mindestens erreicht wurde

Stadt- und Raumplanung, Wirtschaft, Wasserhaushalt (Infrastruktur, Versicherungswirtschaft, Hochwasserschutz)

Wenn Flüsse in den Gebirgen, beispielsweise im Schwarzwald, aufgrund sehr hoher Niederschlagsmengen in den Einzugsgebieten viel Wasser führen, kann dies am Fuße der Gebirge zu Überschwemmungen führen.

Damit tatsächlich ein Hochwasserereignis auftritt, müssen mehrere Faktoren zusammenkommen. Dies sind zum einen die auftretenden Niederschlagsmengen, aber auch ihre Verteilung über die Zeit oder das Auftreten von starken Niederschlägen in einem größeren Gebiet, sodass beispielsweise mehrere Nebenflüsse des Rheins Hochwasser führen und dies dann zu einem Hochwasser des Rheins führt. Hinzu kommen Faktoren des Bodens wie Bodenbeschaffenheit, Wassersättigung oder Flächenversiegelung. Auch vermeintlich harmlose Niederschlagsereignisse können schadensträchtig sein, wenn es lange mit geringer Intensität regnet, die Wassersättigung des Bodens sehr hoch ist oder der Boden gefroren ist. Dass der Boden kein Wasser mehr aufnehmen konnte, führte zu Überflutungen und Hangrutschen in der Region Mittlerer Oberrhein im Mai/Juni 2013.

Klimatologie

Es ist schwierig, allein aus klimatischer Sicht eine Abschätzung über Hochwasserereignisse zu treffen. Ein erster Indikator können aber die Niederschlagsmengen sein, die in einer Jahreszeit fallen. Dazu wurden die Niederschlagsmengen pro Jahr für jede Jahreszeit aufsummiert. Dies geschah für die jeweils 30 Jahre des Kontrollzeitraums (1971-2000) und der Zukunft. Anschließend wurden die 10 % der Jahre mit den höchsten Niederschlagssummen pro Jahreszeit ausgewählt. Das heißt, dargestellt ist die Niederschlagsmenge, die beispielsweise in den drei Niederschlagsreichsten Sommern mindestens gefallen ist.

Unterschiede in den Niederschlagsmengen in Baden-Württemberg sind vor allem durch die Orographie begründet. Im Kontrollzeitraum (1971-2000) treten in allen Jahreszeiten im Schwarzwald und im Allgäu deutlich höhere Niederschlagsmengen als im Rest des Landes auf.

Im Frühjahr und Herbst sind die Niederschlagsmengen ähnlich, mit 200 bis 300 mm in den Regionen Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken, Ost-Württemberg und Donau-Iller und bis 600 mm im Schwarzwald. Im Sommer treten die höchsten Niederschlagsmengen im Allgäu und im Schwarzwald auf (bis 600 mm), während im restlichen Baden-Württemberg etwa 350 bis 450 mm Niederschlag in den drei Sommermonaten fallen. Im Winter sind die Unterschiede innerhalb Baden-Württembergs am größten. Während in den Regionen Stuttgart und Donau-Iller teilweise weniger als 200 mm Niederschlag fallen, sind es in den höchsten Lagen des Schwarzwaldes bis 650 mm.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) werden in Sommer und Herbst kaum signifikante Unterschiede erwartet. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden im Sommer an einzelnen Modell-Gitterpunkte signifikante Abnahmen um 40 bis 80 mm erwartet, im Herbst Zunahmen.

Im Frühjahr (2021-2050, IMK-Ensemble; Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles statistisch nicht signifikant) werden in einigen Regionen signifikante Zunahmen der Niederschlagsmengen erwartet, die westlich des Schwarzwaldes in der Region Südlicher Oberrhein bei bis zu 80 mm liegen können, in der Region Hochrhein-Bodensee bei bis zu 60 mm und in den Regionen Bodensee-Oberschwaben, Heilbronn-Franken und Rhein-Neckar und Schwarzwald-Baar-Heuberg bei bis zu 40 mm. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden weitere Abnahmen um 40 bis 100 mm gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet.

Im Winter (2021-2050, IMK-Ensemble; Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles statistisch nicht signifikant) werden ebenfalls in einigen Teilen Baden-Württembergs leichte Zunahmen erwartet, zwischen 20 und 40 mm in mehreren (Teil-)Regionen und bis zu 100 mm westlich des Schwarzwaldes in den Regionen Mittlerer und Südlicher Oberrhein. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden Zunahmen zwischen 60 und 100 mm erwartet.

Niederschlagssumme (90. Perzentil) im Frühjahr (März, April, Mai)

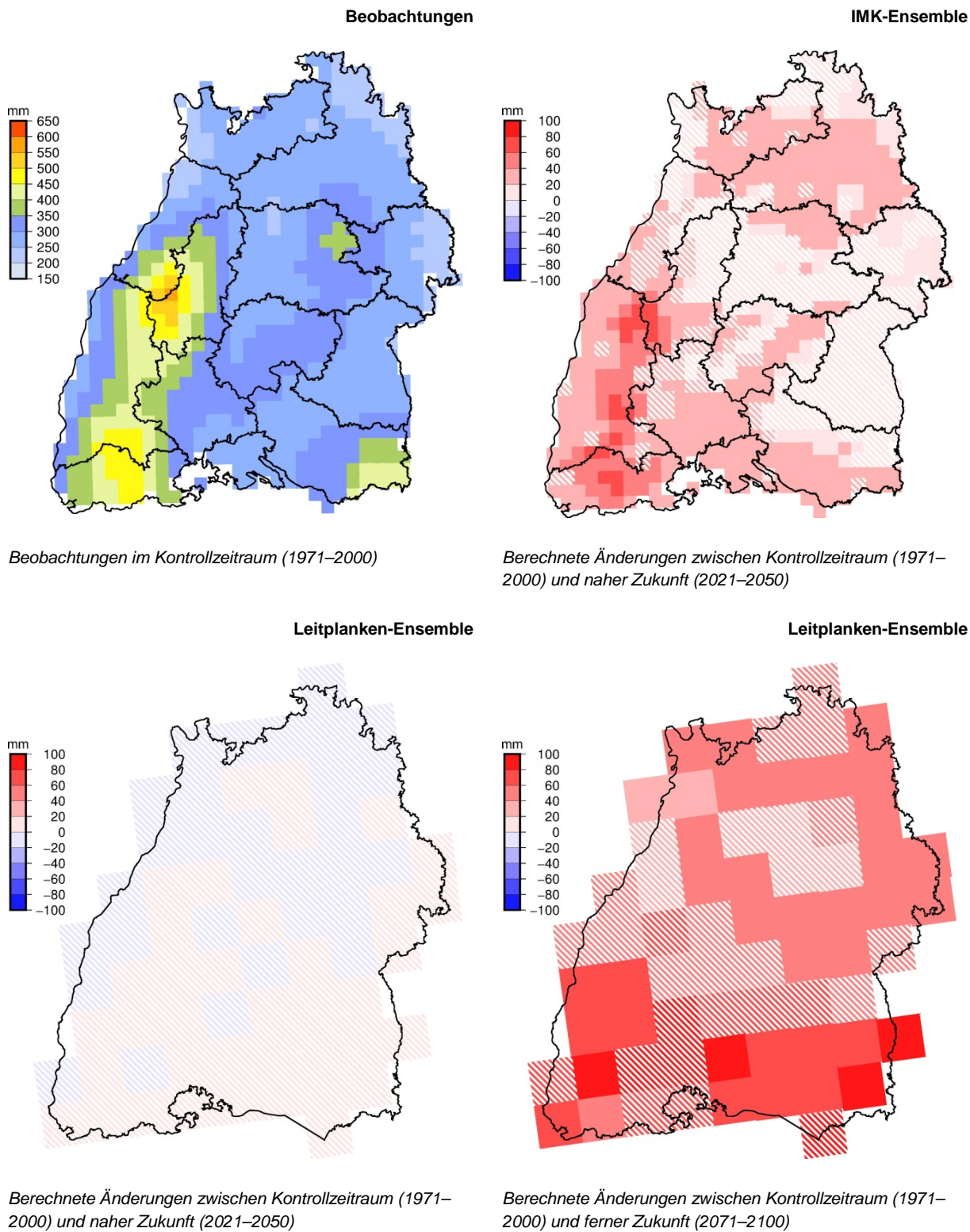


Abbildung 115: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Frühjahr (März, April, Mai)

Niederschlagssumme (90. Perzentil) im Sommer (Juni, Juli, August)

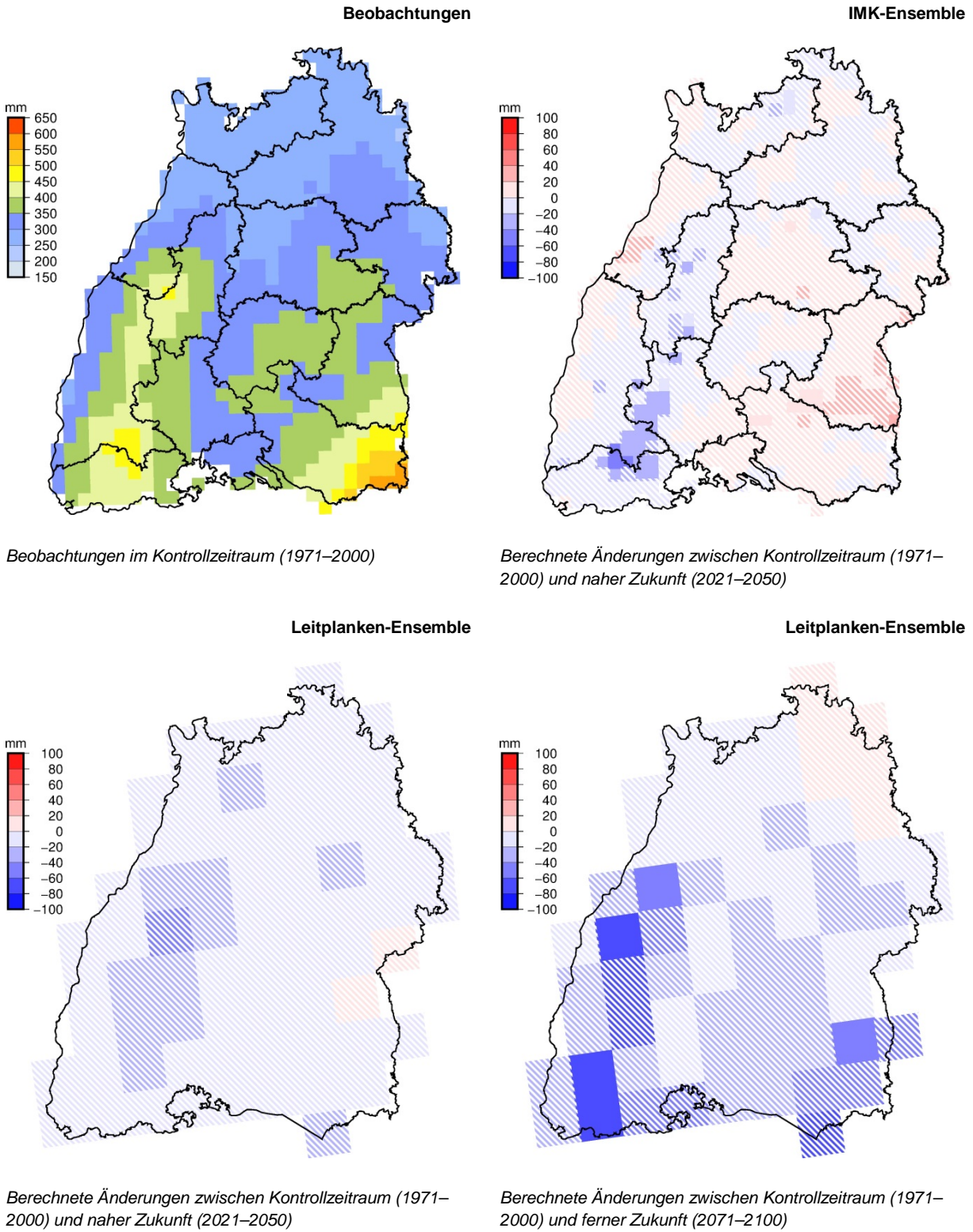


Abbildung 116: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Sommer (Juni, Juli, August)

Niederschlagssumme (90. Perzentil) im Herbst (September, Oktober, November)

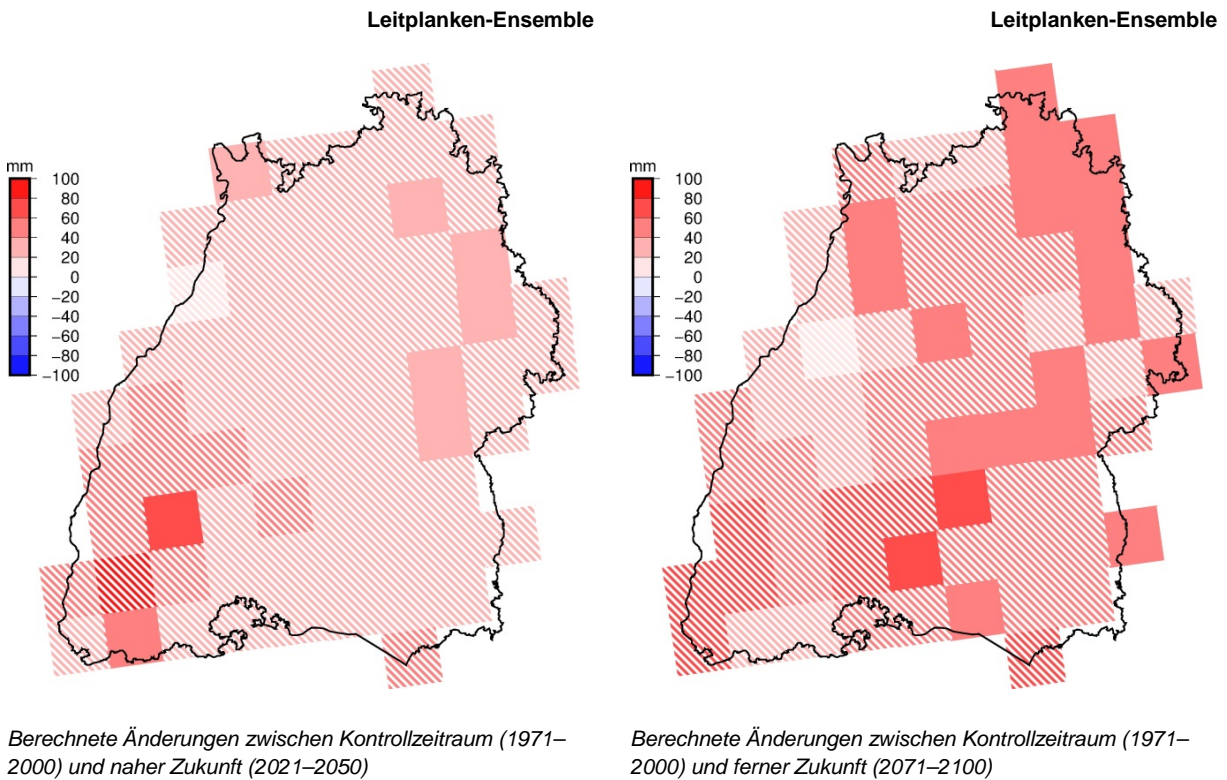
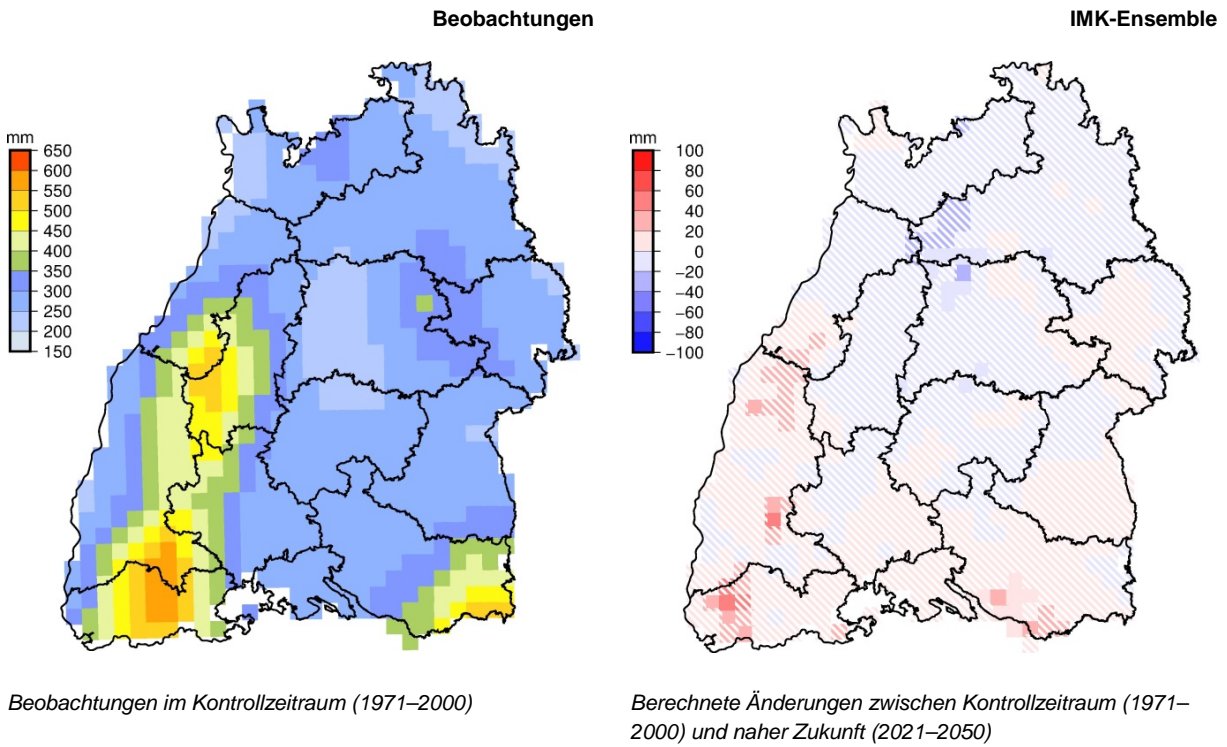


Abbildung 117: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Herbst (September, Oktober, November)

Niederschlagssumme (90. Perzentil) im Winter (Dezember, Januar, Februar)

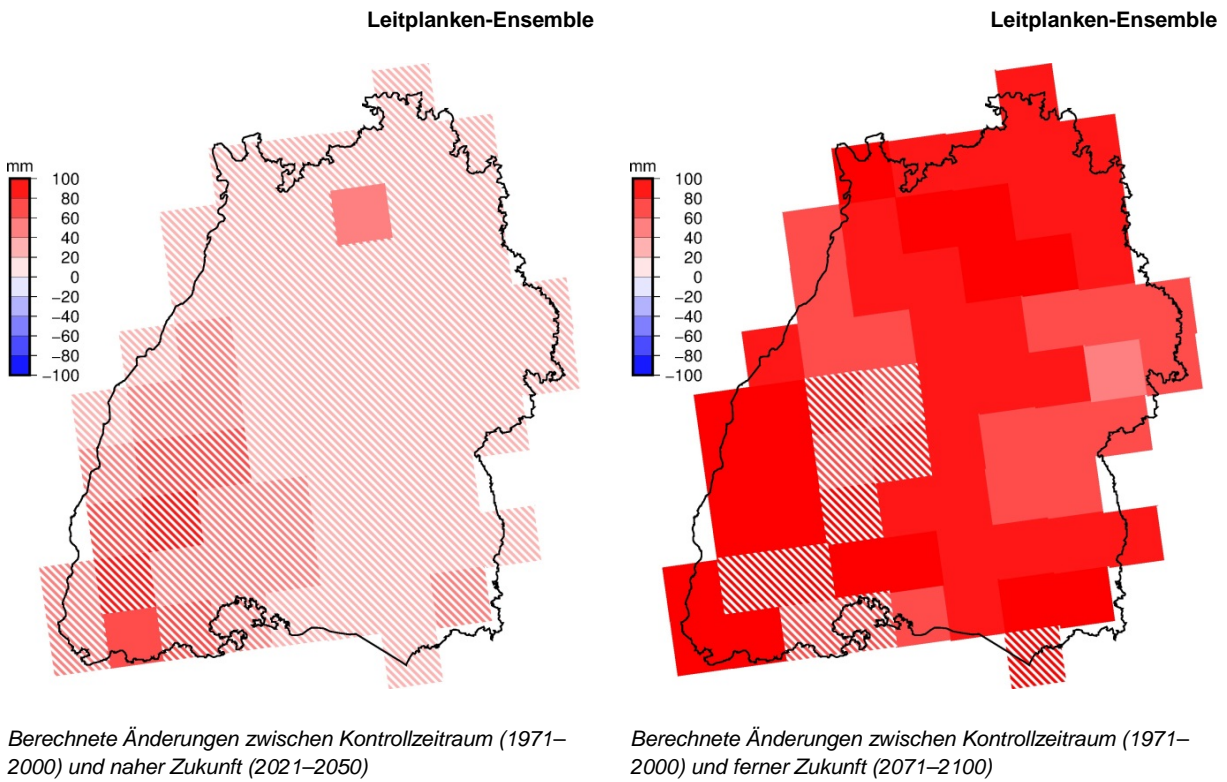
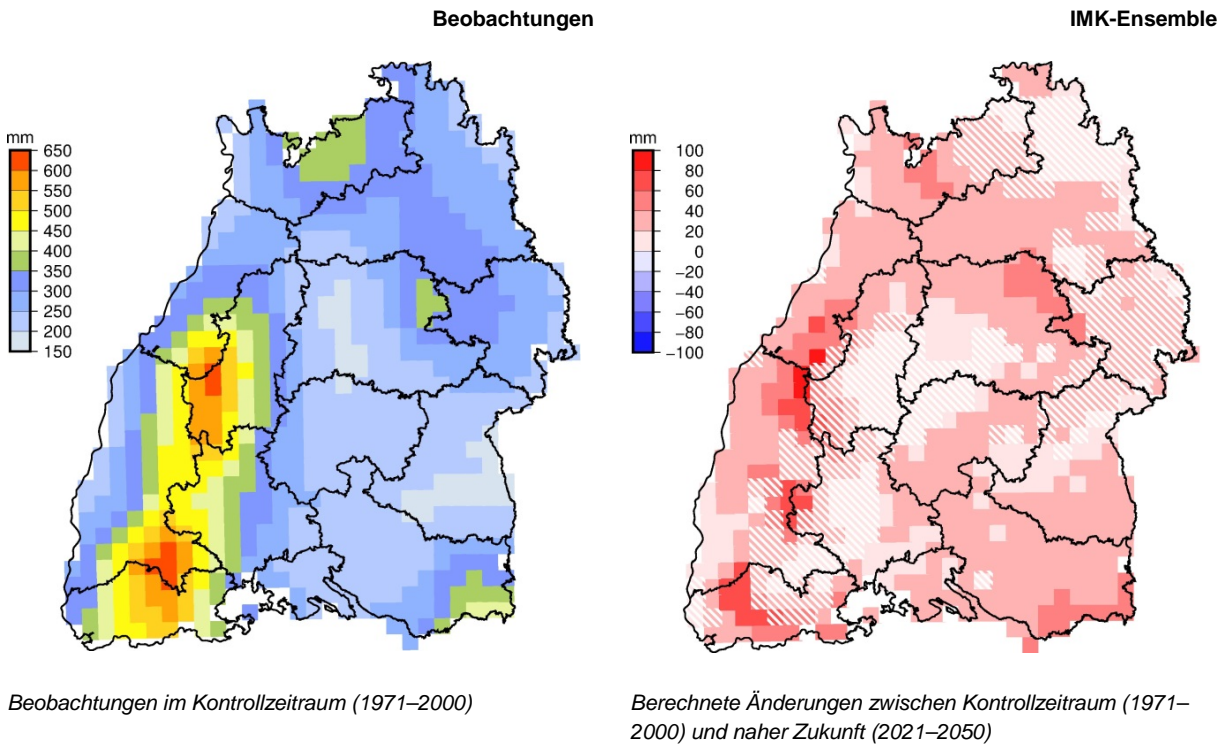
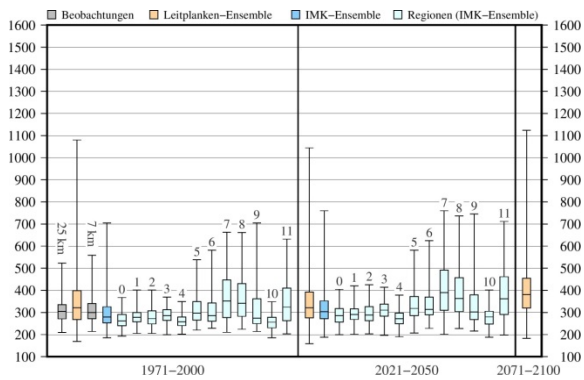
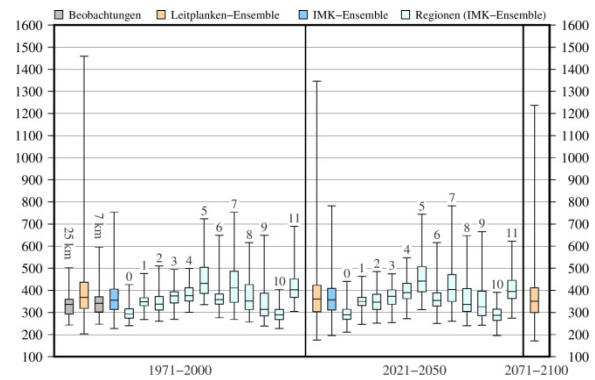


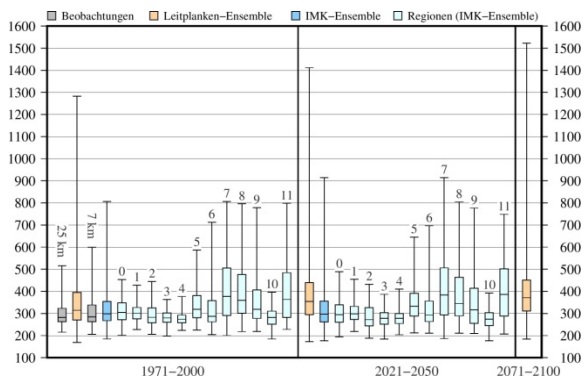
Abbildung 118: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)



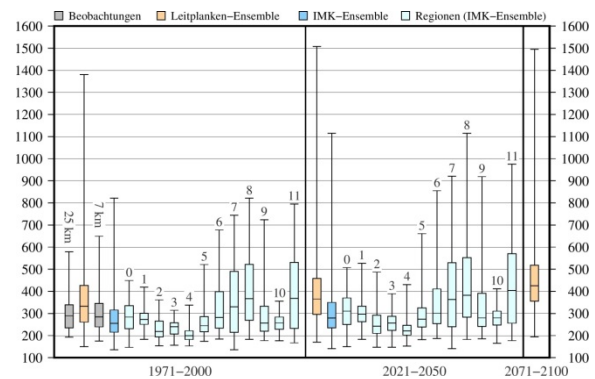
Zeitraum: Frühjahr (März, April, Mai)



Zeitraum: Sommer (Juni, Juli, August)



Zeitraum: Herbst (September, Oktober, November)



Zeitraum: Winter (Dezember, Januar, Februar)

Abbildung 119: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagssumme – 90. Perzentil)

Sensitivitätsampel Stadt- und Raumplanung

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ↔ gelb	Übergang gelb ↔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Für Karlsruhe, eher Berücksichtigung von Alb und Pfingz, weniger Rhein	gelb	„unsicher“	„unsicher“	s. 1)
Für einzelne Regionen, in Esslingen für Gewässer 2. und 3. Ordnung	grün	+10 %	Keine Angabe	„Bei einer Änderung nach ‚gelb‘: Entsiegelung, Schaffung von Retentionsflächen“ (Experteneinschätzung)
Neckar-Alb	grün	Hochwasser an einigen Tagen/Jahr	Hochwasser an mehreren Tagen pro Jahr	

1) „In Karlsruhe kam es in den letzten Jahrzehnten bereits zu Hochwasserereignissen mit Überschwemmungen, daher setzt man sich mit der Thematik auseinander, wengleich das Thema Hitze einen höhe-

ren Anpassungsbedarf erfordert. Da Hochwasserereignisse schwerer vorherzusagen sind, würde ein Wechsel von gelb in rot erst dann passieren, wenn das nächste Ereignis eintritt (Zeitraum ungewiss). Maßnahmen wären ein verstärkter Ausbau des Systems von Rückhalteräumen. Ein Wechsel von gelb in grün ist unrealistisch und hätte zudem keine Auswirkungen.

Bei einem Extremhochwasser des Rheins bliebe die Überflutung aufgrund der günstigen topographischen Gegebenheiten auf das Tiefgestade begrenzt.“ (Experteneinschätzung)

Wirtschaft

„Die Klimakenngrößen werden in der Versicherungswirtschaft nicht direkt zur Steuerung verwendet. Diese spielen nur indirekt eine Rolle; deshalb bin ich nicht in der Lage den Effekt zu quantifizieren.“ (Experteneinschätzung)

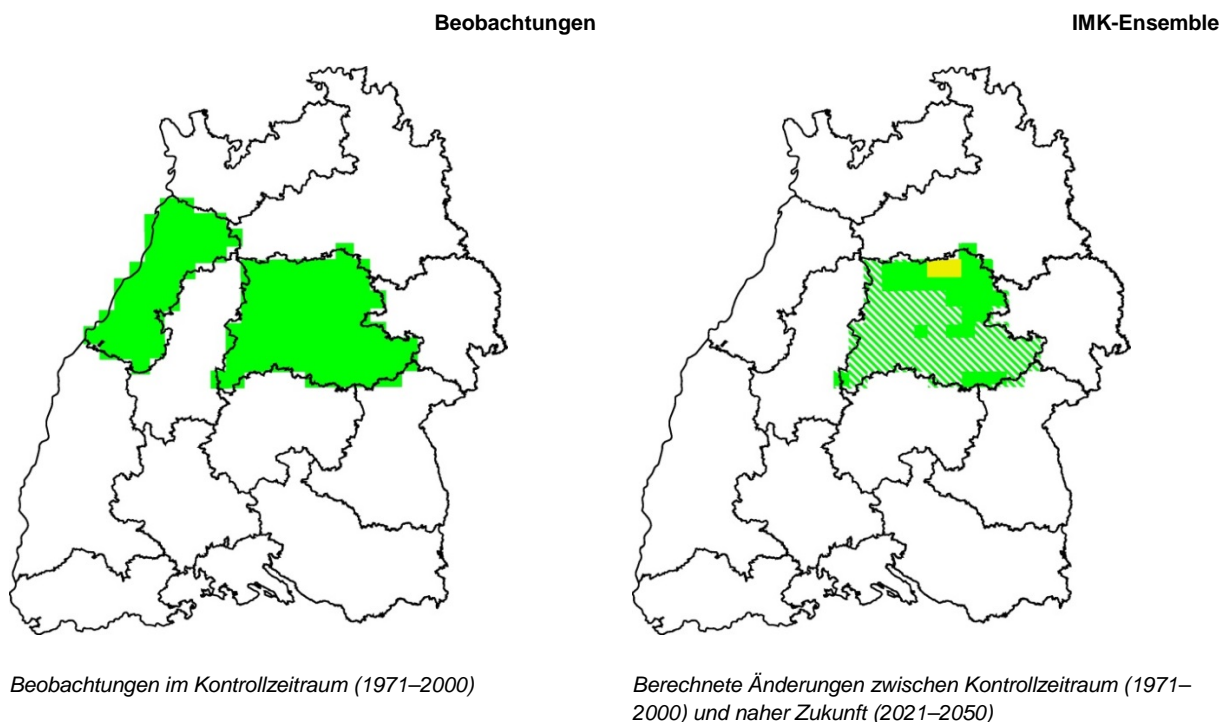
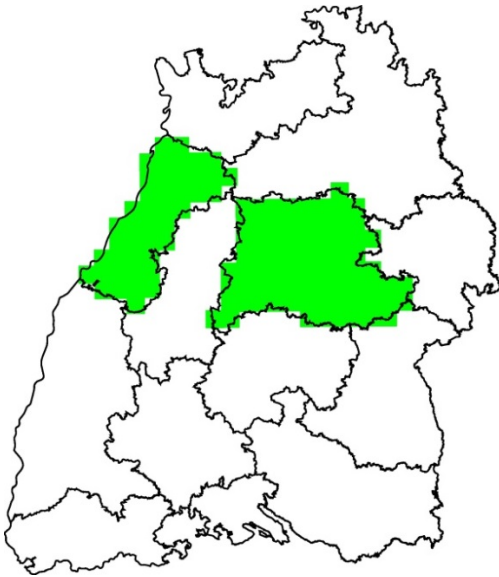


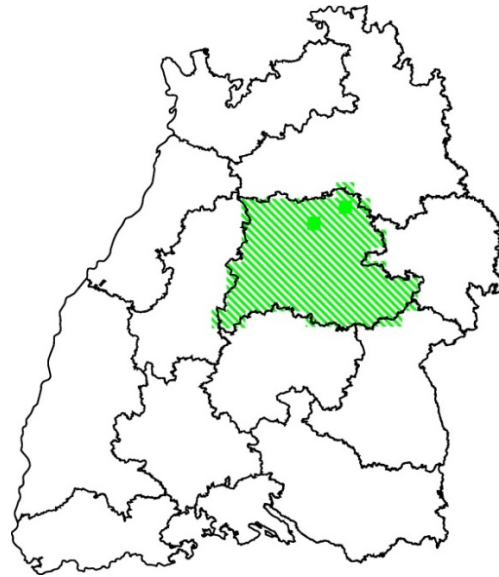
Abbildung 120: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Frühjahr (März, April, Mai)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

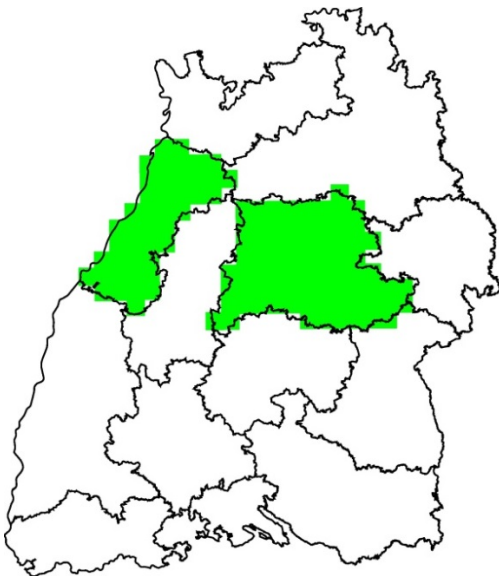
IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

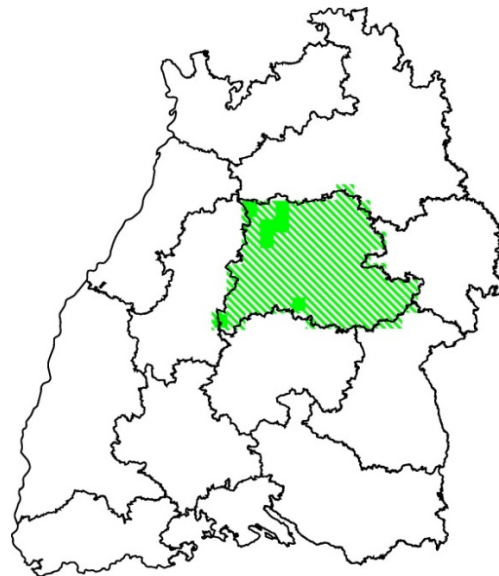
Abbildung 121: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Sommer (Juni, Juli, August)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

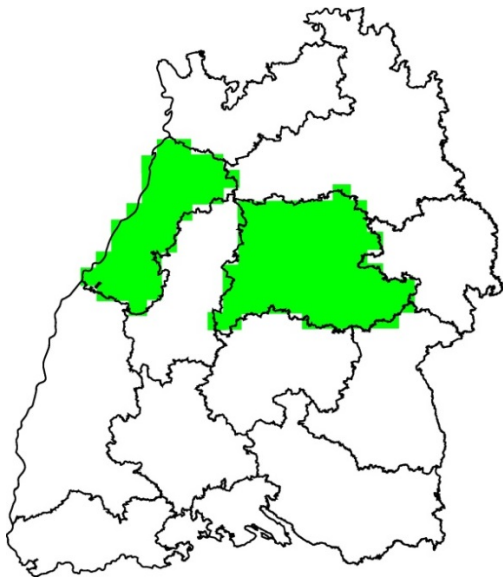
IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

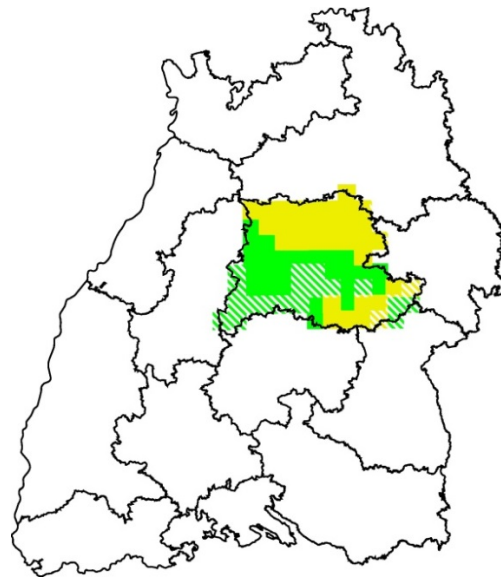
Abbildung 122: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Herbst (September, Oktober, November)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 123: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Winter Dezember, Januar, Februar)

Definition

Jährliche Niederschlagssumme in den Monaten März bis Mai.

Stadt- und Raumplanung (Grünflächenplanung)

Für eine Wohlfahrtswirkung der Stadt spielen gesunde Bäume eine wichtige Rolle. Aufgrund des oft kleinen verfügbaren Wurzelraums bei Stadtbäumen ist das Wasserspeichervermögen im Wurzelraum gering. Daher ist eine zeitlich gleichmäßige Wasserverfügbarkeit besonders wichtig. Die Niederschlagsmenge ist auch für die Auswahl der Baumarten von Bedeutung. Bäume die Trockenheit schlecht vertragen, könnten nicht mehr gepflanzt werden, falls die Wasserverfügbarkeit in Zukunft abnehmen sollte. Wegen der vielfältigen Nutzung des Stadtraums können an nur wenigen Stellen neue Grünflächen angelegt werden.

Trockenperioden im Frühjahr sind besonders relevant für Bäume, da in dieser Zeit das meiste Wasser für den Laubansatz und Zuwachs benötigt wird (siehe auch Klimakenngröße „Niederschlagstage in den Monaten März und April“ → Kapitel 4.3.27). Frühjahrstrockenheit kann deswegen bis in den Herbst bei vielen Bäumen zu Trockenheitserscheinungen führen. Eine Vermeidung von Schäden durch großflächige Bewässerung ist meist nicht umsetzbar. Für einen guten Baumwuchs sollte über das ganze Jahr gesehen die Niederschlagsverteilung pro Monat etwa 50 mm betragen, was zwischen März und Mai in der Summe 150 mm entspräche. Im Frühjahr wäre ein noch höherer Niederschlag aber wünschenswert.

Klimatologie

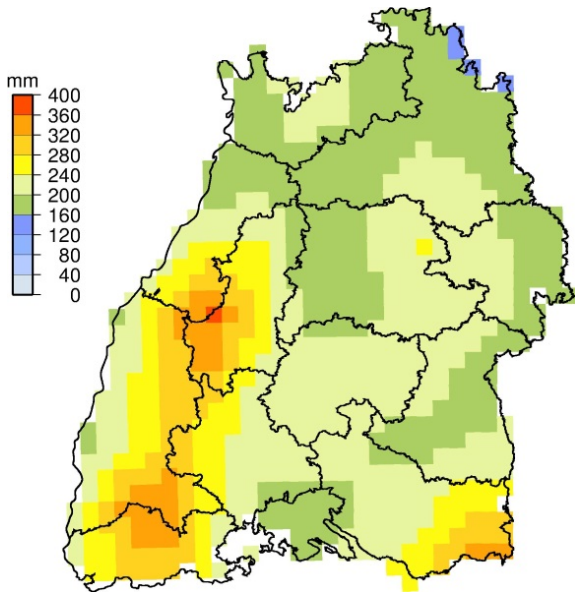
Die Beobachtungen zeigen für den Kontrollzeitraum 1971-2000 den Schwarzwald als niederschlagsreichste Region Baden-Württembergs mit durchschnittlich bis zu 400 mm Niederschlag in den Monaten März bis Mai. Demgegenüber stehen die Regionen Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken, Stuttgart, Ostwürttemberg und Donau-Iller, in denen die Niederschlagssummen zwischen März und Mai teilweise unter 200 mm liegen.

In der nahen Zukunft (2021-2050) wird erwartet, dass sich an der Niederschlagsmenge im Frühjahr wenig ändert. In der Region Nord-Schwarzwald erwarten die Berechnungen der Klimamodelle, dass sie in Zukunft leicht zunimmt um 40 bis 60 mm. Im Nordosten Baden-Württembergs ist kaum eine Änderung der Niederschlagssumme zu erwarten. Der Unterschied zwischen der niederschlagsreichsten und der niederschlagsärmsten Region würde folglich etwas größer (IMK-Ensemble). Im Leitplanken-Ensemble zeigen sich in der nahen Zukunft (2021-2050) fast keine Änderungen in der Niederschlagssumme. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine Erhöhung der Niederschlagsmengen um 30 bis 50 mm vor allem in der Osthälfte Baden-Württembergs erwartet, während im Südwesten des Landes die Änderungen geringer und nicht statistisch signifikant sind.

Die geringen durchschnittlichen Änderungen sind auch bei der Betrachtung der Niederschlagssummen als Box-Whisker-Plot für die einzelnen Regionen zu erkennen. Der Median für ganz Baden-Württemberg steigt in der nahen Zukunft im Vergleich zum Kontrollzeitraum leicht, von 210 mm auf 230 mm. Die Spannweite innerhalb der Regionen bleibt nahezu gleich.

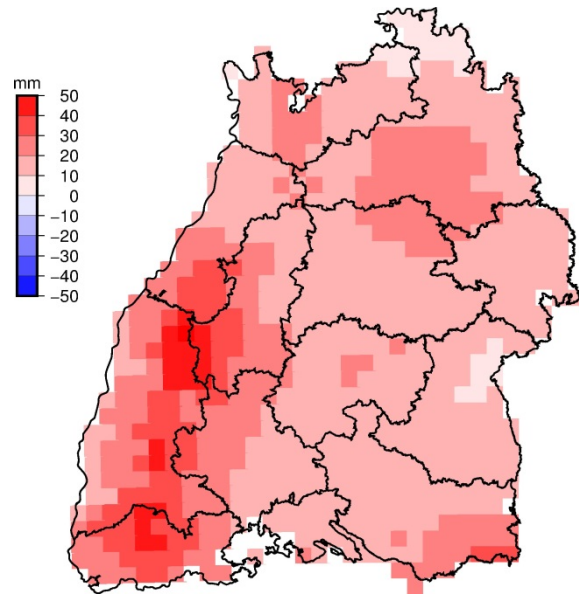
Da aus den Klimamodellberechnungen für die Zukunft in den meisten Regionen erwartet wird, dass die Niederschlagssumme in den Monaten März bis Mai hin leicht zunimmt, sind für den Wasserhaushalt der Bäume vorerst keine Schwierigkeiten zu erwarten. Einzelne trockene Jahre bleiben, wie auch heute, allerdings möglich (siehe auch Klimakenngröße „Trockenjahre“ → Kapitel 4.3.43).

Beobachtungen



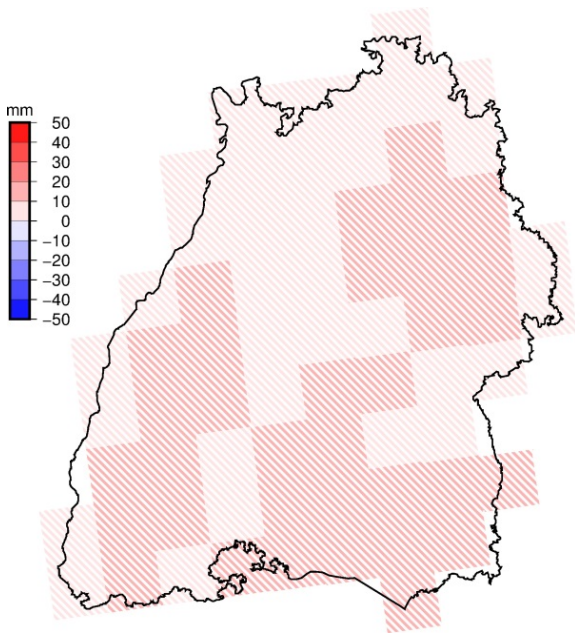
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



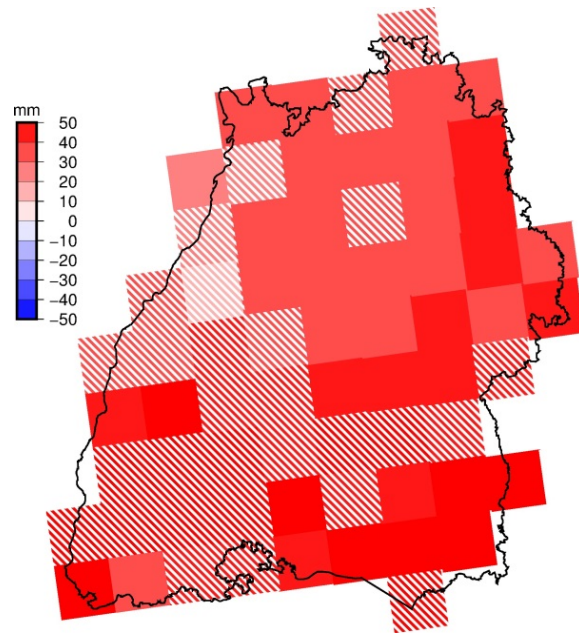
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 124: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“

Tabelle 41: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagssumme zwischen März und Mai)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	156	194	210	234	353
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	132	200	243	302	915
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	156	194	211	240	375
IMK-Ensemble	1971-2000	145	189	208	243	482
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	126	214	253	309	890
IMK-Ensemble	2021-2050	142	204	228	266	560
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	136	244	291	349	928

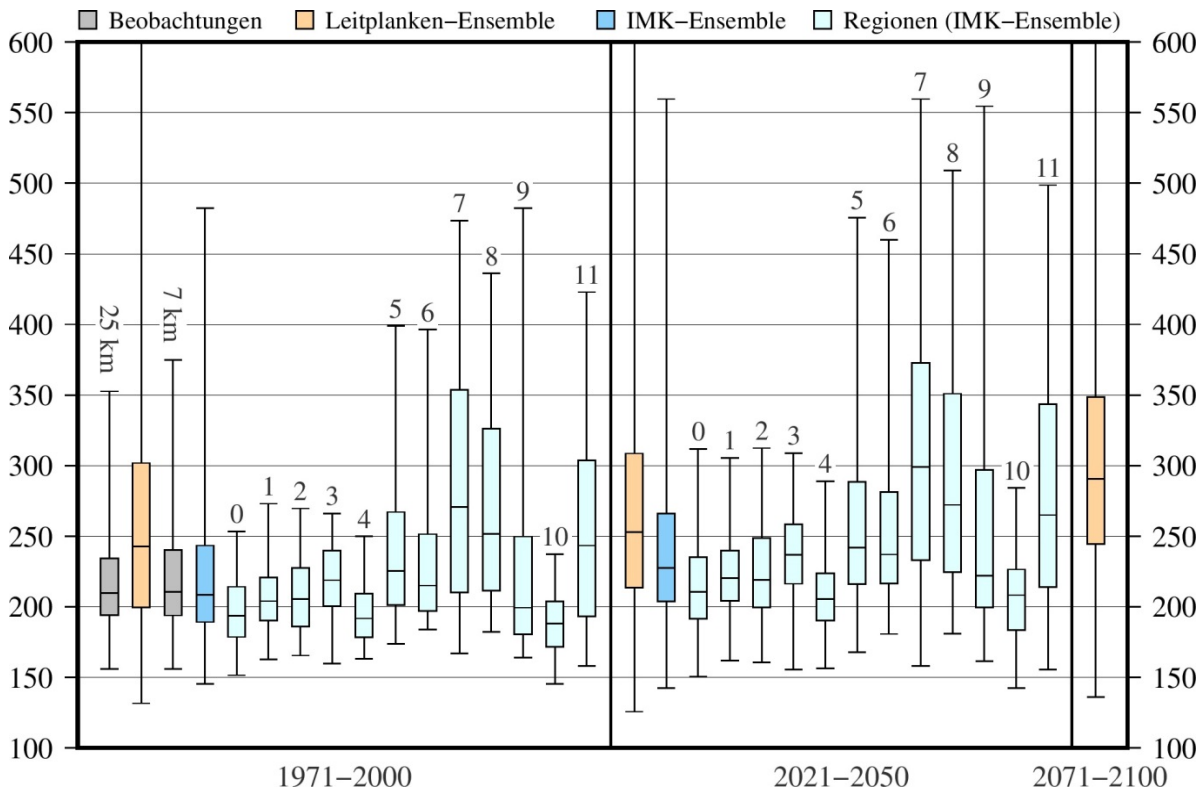
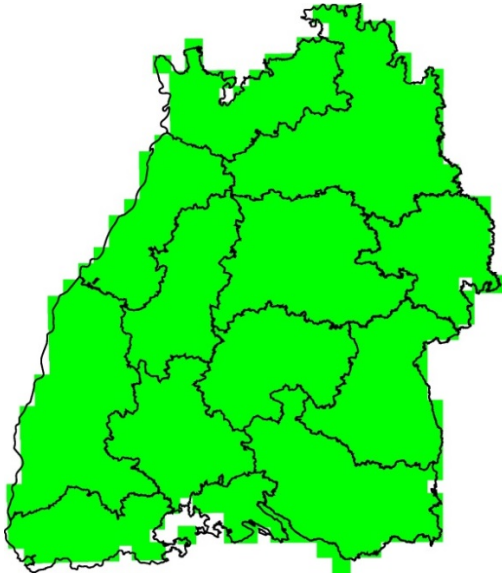


Abbildung 125: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagssumme zwischen März und Mai)

Sensitivitätsampel

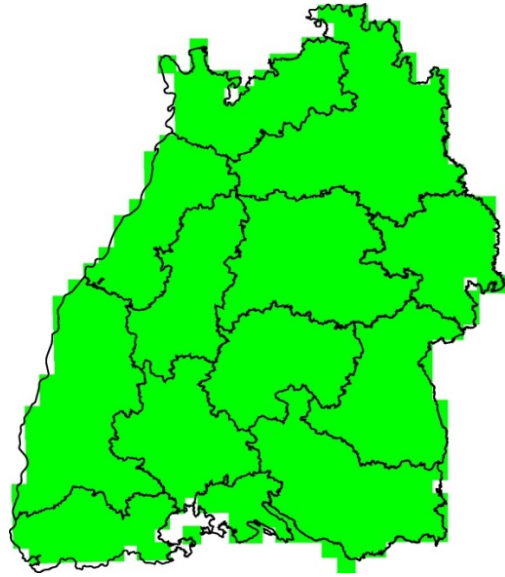
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg	grün	-20 % (+20 %) -/+50 mm	-30 % (+30%) -/+100 mm	„Künstliche (automatisierte) Bewässerung vieler Stadtbäume (wahrscheinlich selbst in der Grundwasser reichen Region 9 unbezahlbar“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



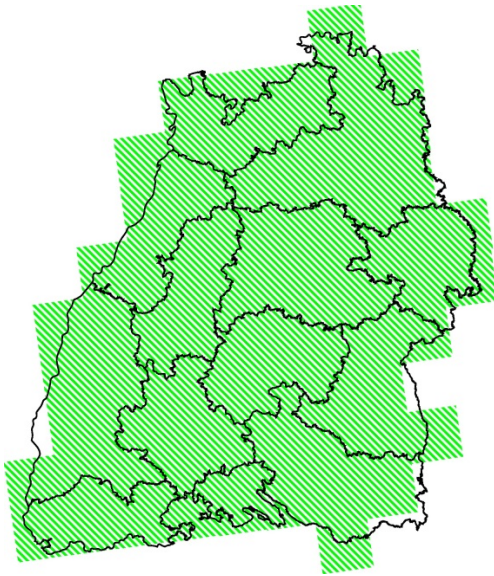
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



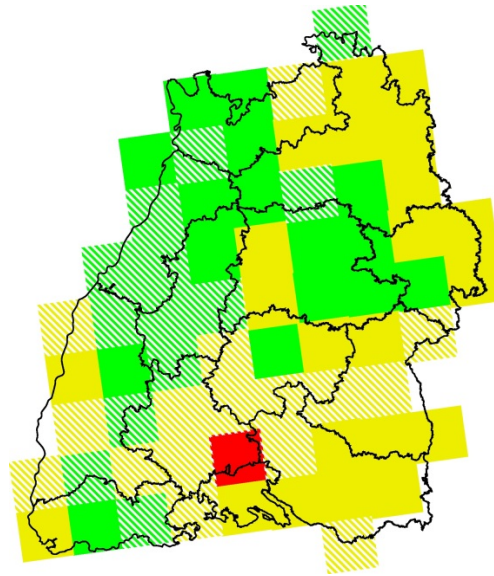
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 126: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“

Definition

Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme über 5 mm in den Monaten März und April.

Wald und Forstwirtschaft (Aufforstungen)

Die Pflanzzeit von Bäumen fällt in die Monate März und April (vergleiche auch Klimakenngröße „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“ → Kapitel 4.3.26). Um gut anwachsen zu können, benötigen die Bäume eine ausreichende Wasserversorgung. Gibt es zu wenige Tage mit Niederschlag, müssen sie bewässert werden. Im Extremfall, bei deutlich zu wenigen Tagen mit Niederschlag, könnte eine Verlegung der Setzzeiten in den Herbst notwendig werden. Im Herbst finden jedoch die meisten Waldarbeiten statt. Bei einer Setzzeitverlegung würde sich der Arbeitsanfall dadurch saisonal verschieben und möglicherweise würden zusätzliche Arbeitskräfte benötigt.

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) werden für Baden-Württemberg durchschnittlich ungefähr 8 Niederschlagstage in den Monaten März und April pro Jahr beobachtet. Die Klimasimulationen geben die Beobachtungen gut wieder. Die meisten Niederschlagstage, bis zu 16, treten dabei in den höheren Lagen der Regionen Nordschwarzwald, Bodensee-Oberschwaben, Südlicher Oberrhein und Hochrhein-Bodensee auf. In den anderen Regionen sind es zwischen 6 und 10 Tage.

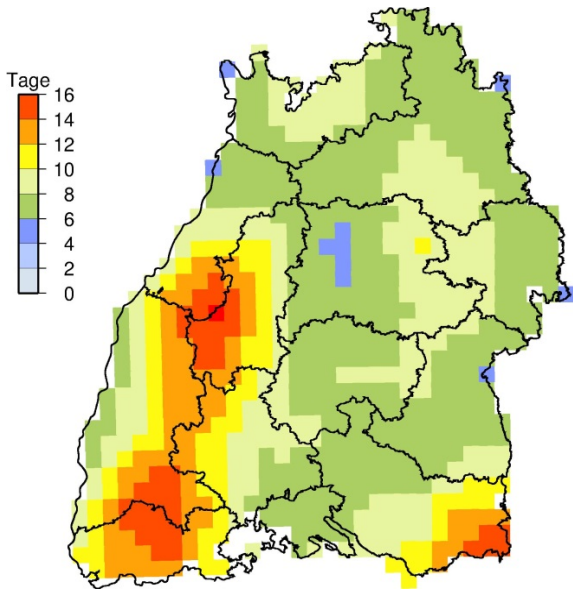
In der nahen Zukunft (2021-2050) wird für ganz Baden-Württemberg eine leichte Zunahme in der Anzahl an Niederschlagstagen in März und April erwartet. Die Zunahmen sind generell klein und in einigen Fällen nicht signifikant. Die größten Zunahmen mit bis zu 1,6 Tagen sind dort zu erwarten, wo schon heute die meisten Tage gemessen werden, nämlich in den Höhenlagen. Auch im Box-Whisker-Plot ist zu erkennen, dass sich für Baden-Württemberg die Anzahl an Niederschlagstagen in den Monaten März und April nur leicht ändert, in Richtung einer Zunahme. Die Unterschiede zwischen den Regionen sowie die Spannweite innerhalb einer Region bleiben dabei ähnlich (IMK-Ensemble). Die erwarteten Änderungen des Leitplanken-Ensembles sind in der nahen Zukunft geringer und statistisch nicht signifikant. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensembles) werden in den großen Teilen Baden-Württembergs 1,2 bis 1,6 Tage Niederschlagstagen weniger im März und April im Vergleich zum Kontrollzeitraum erwartet. Einzelne trockene Jahre bleiben, wie auch heute, allerdings möglich (siehe auch Klimakenngröße „Trockenjahre“ → Kapitel 4.3.43).

Das bedeutet, dass für die nahe Zukunft kaum eine Änderung der Situation für das Pflanzen von Bäumen erwartet wird, weil in diesem Fall die Wasserverfügbarkeit ähnlich wie gegenwärtig sein sollte. In der fernen Zukunft könnten Anpassungen notwendig werden.

Sensitivitätsampel

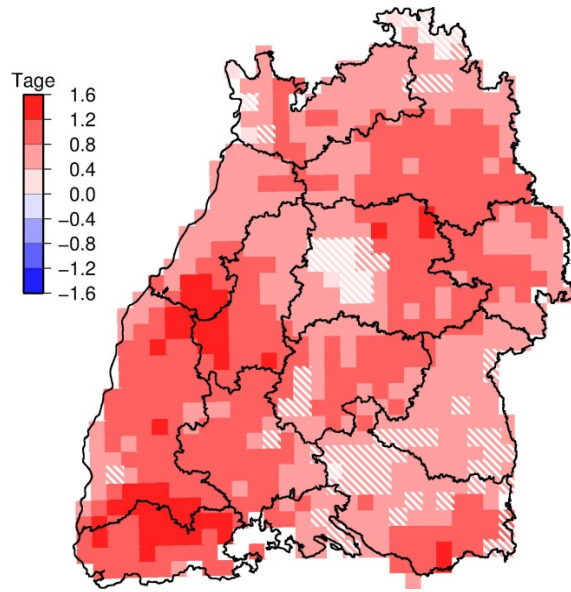
Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Beobachtungen



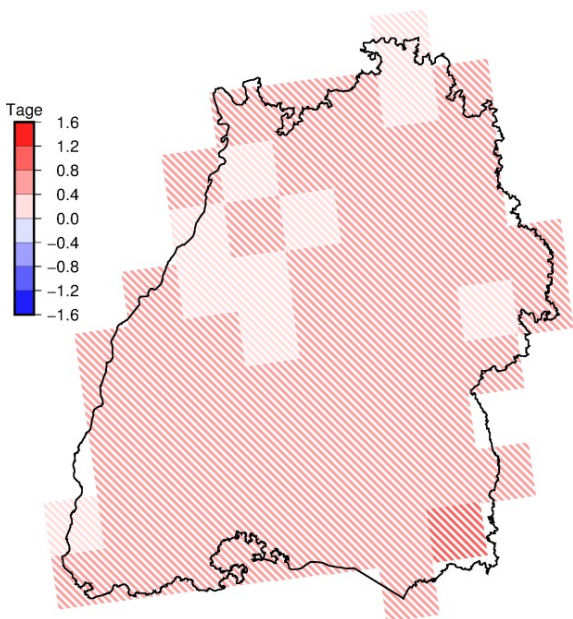
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



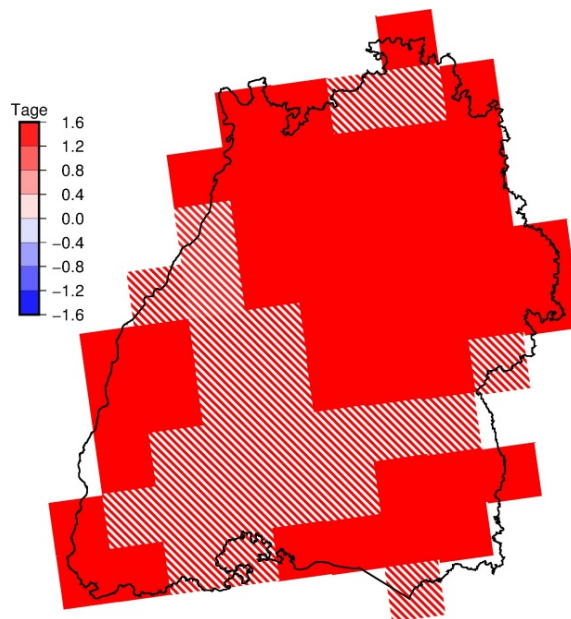
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 127: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagstage in März und April“

Tabelle 42: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagstage in März und April)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	5.6	7.3	8.0	9.7	15.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	3.7	8.1	10.4	13.5	30.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	5.4	7.2	8.1	10.0	16.0
IMK-Ensemble	1971-2000	5.0	7.8	8.9	10.8	20.3
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	4.4	8.8	10.8	14.0	29.0
IMK-Ensemble	2021-2050	4.5	8.4	9.8	11.8	22.6
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	4.1	10.6	13.0	16.1	30.6

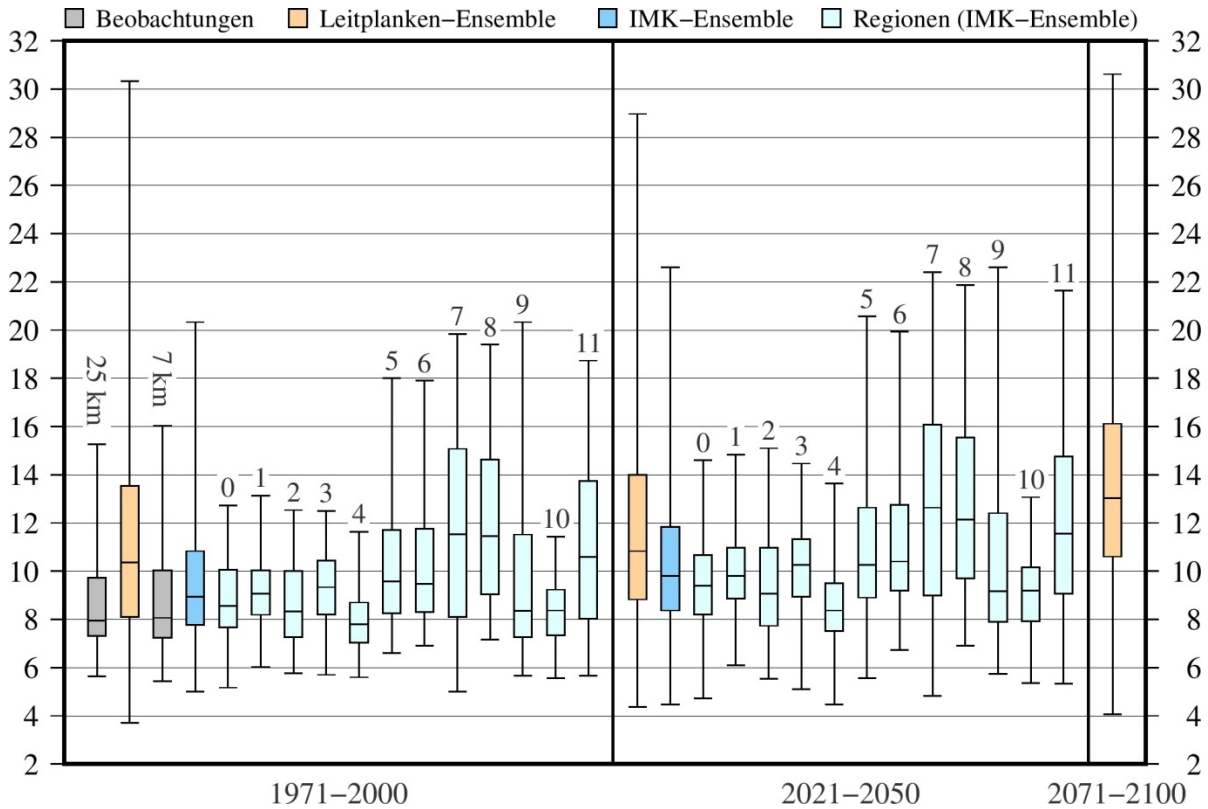


Abbildung 128: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagstage in März und April)

Definition

Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C und Tagesniederschlag unter 0,5mm

Tourismus (Radtourismus)

Im Tourismus spielt das Wetter bei Tagesausflügen mit dem Fahrrad oder auch bei Wanderungen eine entscheidende Rolle. „Als ideal empfinden Tourenradler Tagestemperaturen von 20 bis 25°C. Die Temperaturtoleranz der sportlich orientierten Rennradfahrer und Mountainbiker ist größer.“ (Roth et al. 2013)

Als mögliche „Trends mit Klimabezug“ nennen Roth et al. (2013) E-Bikes, die die Temperaturtoleranz von Radfahrern möglicherweise erhöhen, da sie die Anstrengung reduzieren, sowie Funktionskleidung, die die Radfahrer weniger wetterempfindlich macht.

Klimatologie

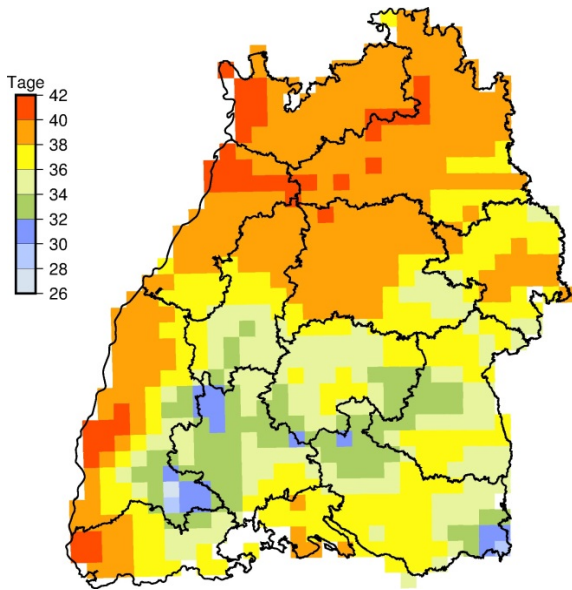
Die Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen 38 bis 42 Tage mit günstigen Wetterbedingungen für Radtourismus entlang des Rheins sowie in der Nordhälfte Baden-Württembergs und 30 bis 36 Tage in den Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Neckar-Alb und Donau-Iller. Das IMK-Ensemble gibt die Beobachtungen gut wieder, das Leitplanken-Ensemble unterschätzt die Zahl der Tage.

In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble, keine statistisch signifikanten Änderungen im Leitplanken-Ensemble) wird eine Zunahme um 2 bis 6 Tage in der südlichen Hälfte Baden-Württembergs erwartet.

In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird im südlichen Schwarzwald eine Erhöhung der Tage für Radtourismus um 6 bis 8 Tage erwartet, keine Änderungen entlang des Rheins und in den nördlichen Regionen Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken und Mittlerer Oberrhein.

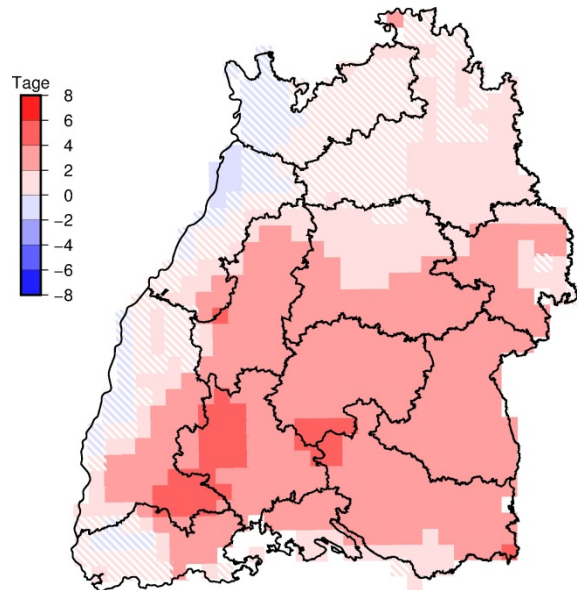
Es ist zu beachten, dass es an einzelnen Tagen durchaus möglich ist, dass es tagsüber gute Bedingungen zum Radfahren gibt, nachts aber regnet. Diese Tage konnten mit Daten auf Tagesbasis nicht berücksichtigt werden. In der Realität liegt daher die Anzahl von Radtourismustage höchstwahrscheinlich etwas höher als hier wiedergegeben.

Beobachtungen



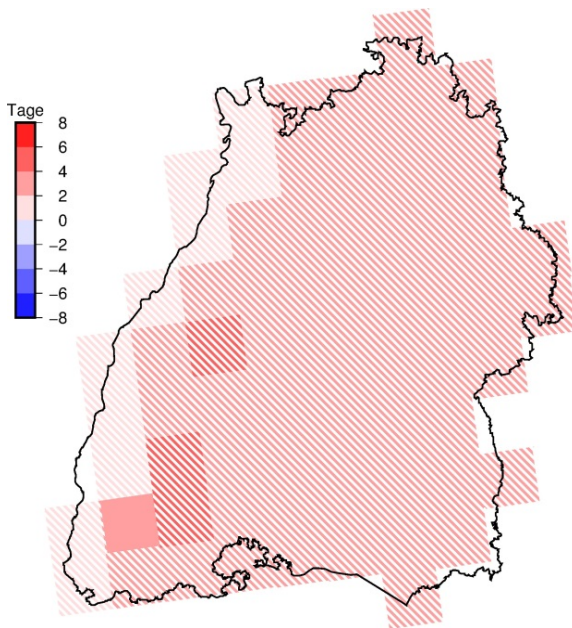
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



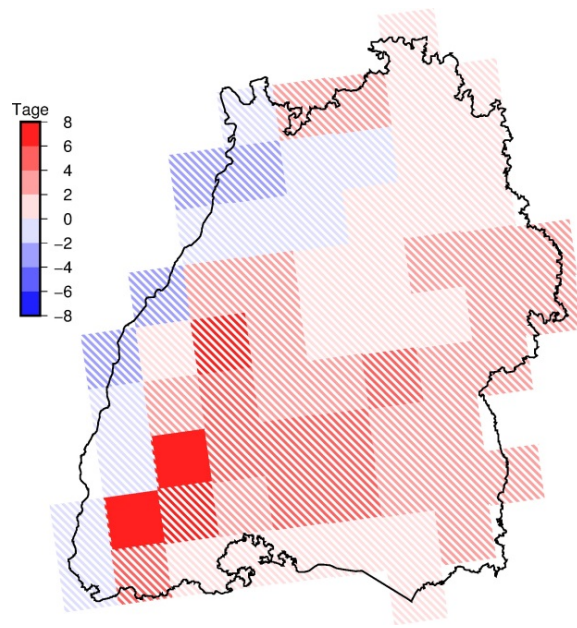
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 129: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C“

Tabelle 43: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	30.7	35.7	37.9	39.1	40.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	3.3	18.0	24.0	28.9	41.9
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	28.0	35.5	37.4	39.0	41.5
IMK-Ensemble	1971-2000	26.6	34.3	37.2	40.3	46.5
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	3.9	19.7	26.4	33.1	44.7
IMK-Ensemble	2021-2050	31.2	36.7	39.3	41.8	48.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	7.7	20.9	24.3	29.9	48.0

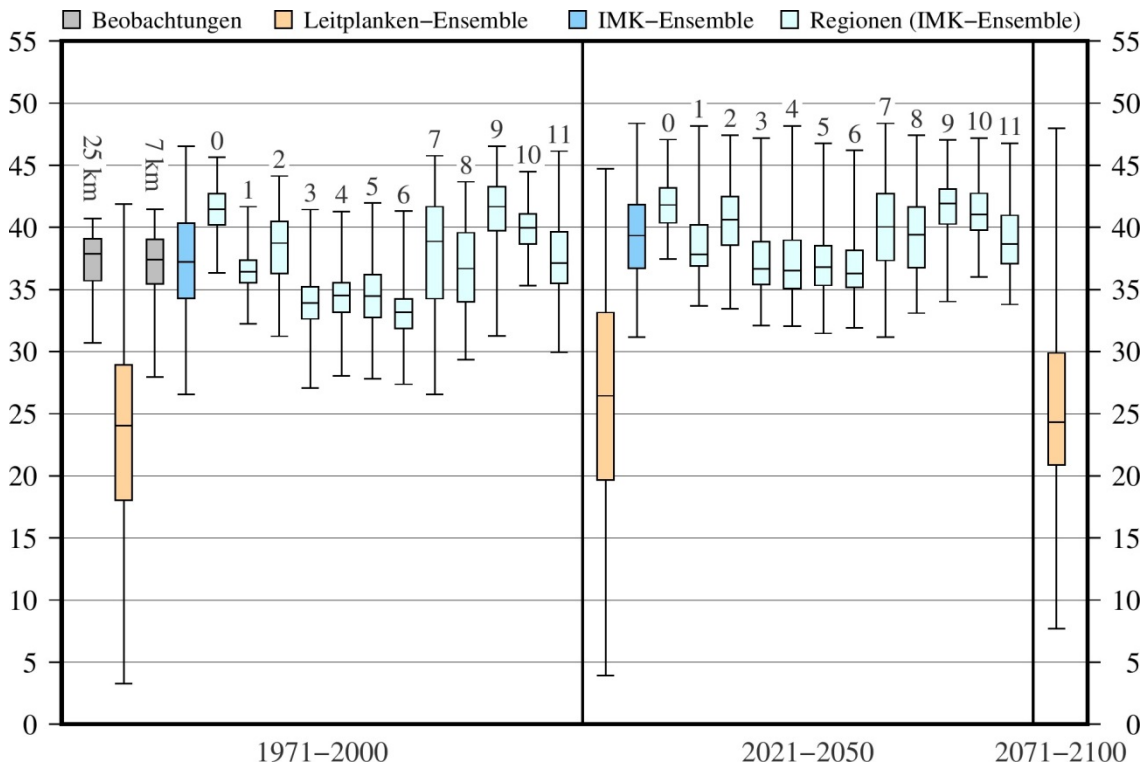


Abbildung 130: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C)

Sensitivitätsampel

In der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels, Fachgutachten für das Handlungsfeld Tourismus wurde eine Vulnerabilitätsbewertung für die als für den Radtourismus wichtig eingestuft Gebiete Südschwarzwald und Bodensee und Donau durchgeführt.

Demnach sind mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen in der nahen und fernen Zukunft im Bereich Radtourismus in diesen Regionen eine Verlängerung der Saison sowie zeitweise Gesundheitsgefährdungen durch Hitzestress und Beeinträchtigungen durch Schwüle.

„Als Outdoorsportart unterliegt der Radtourismus generell einer höheren Vulnerabilität im Vergleich zu Indoor-Aktivitäten. Erhöhte Temperaturen und geringere Sommerniederschläge können die Radsaison verlängern und positive Auswirkungen auf den Radtourismus haben. Eine Zunahme von Extremereignissen (Hitzewellen, Schwüle, Starkniederschläge) sowie Auswirkungen von Trockenperioden (Wassermangel, Landschaftsbild) können negative Auswirkungen haben. 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 zu einer Beeinträchtigung des Radtourismus kommen. Im Gegenzug kann es in den tieferen Lagen

zu einer stärkeren Verlagerung der Nachfrage in die Übergangsjahreszeiten (Frühjahr / Sommer) kommen und hier eine Saisonverlängerung erzielt werden.“ (Roth et al. 2013)

Definition

Anzahl der Tage pro Jahr mit einer mittleren relativen Feuchte zwischen 40 und 70 %

Wirtschaft (Bauwesen)

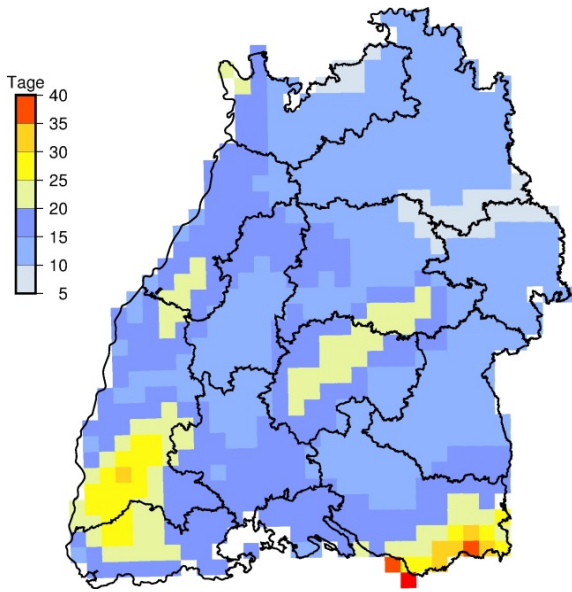
Schäden an Beton an Bauwerken können auftreten, wenn eine chemische Reaktion zwischen Kohlendioxid und Wasser erfolgt (Carbonatisierung). Die Aufnahme von Kohlendioxid in Beton ist stark von der relativen Feuchte abhängig. Am besten gelingt dies bei einer relativen Feuchte zwischen 40 und 70 %.

Klimatologie

In Baden-Württemberg lag die Anzahl der für Tage mit relativer Luftfeuchte zwischen 40 und 70 % nach den Berechnungen der Klimamodelle im Kontrollzeitraum (1971-2000) in den meisten Gebieten zwischen 10 und 30.

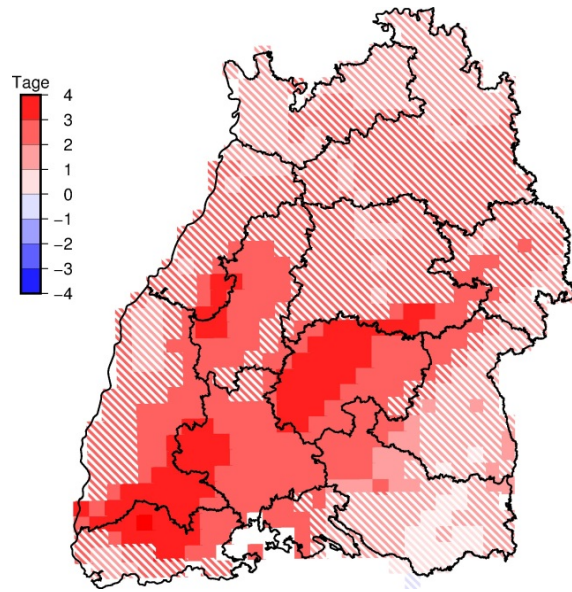
In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) erwarten die Klimamodelle eine Zunahme von bis zu vier Tagen pro Jahr, wobei diese nur im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb statistisch signifikant ist. Die Ergebnisse der Klimamodelle des Leitplanken-Ensembles sind in der nahen Zukunft (2021-2050) nicht und in der fernen Zukunft (2071-2100) außer an einzelnen Modellgitterpunkten nicht statistisch signifikant.

Beobachtungen



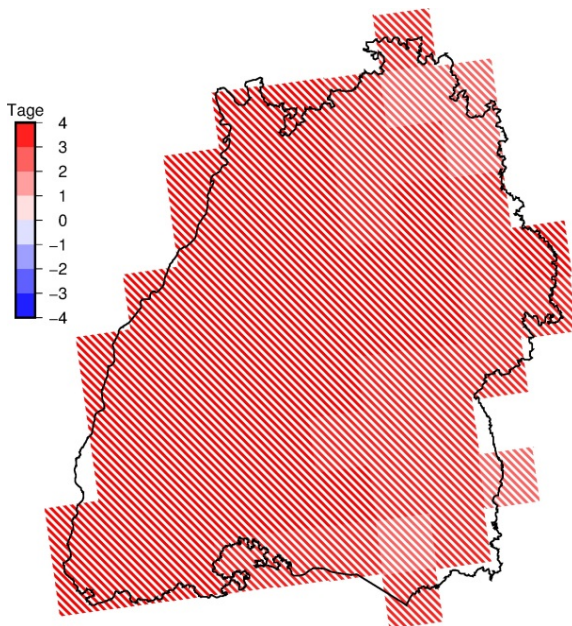
Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

IMK-Ensemble



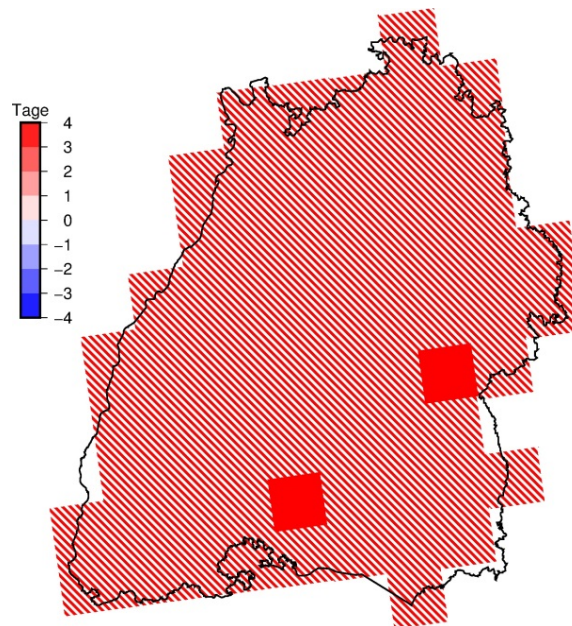
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 131: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Relative Feuchte zwischen 40 und 70 %“

Tabelle 44: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 %)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000					
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	5.0	20.8	38.6	60.6	154.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000					
IMK-Ensemble	1971-2000	2.5	7.8	10.7	16.2	95.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	4.7	24.9	42.2	69.7	161.8
IMK-Ensemble	2021-2050	2.6	8.0	12.1	19.4	105.4
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	18.9	41.0	51.0	77.2	176.0

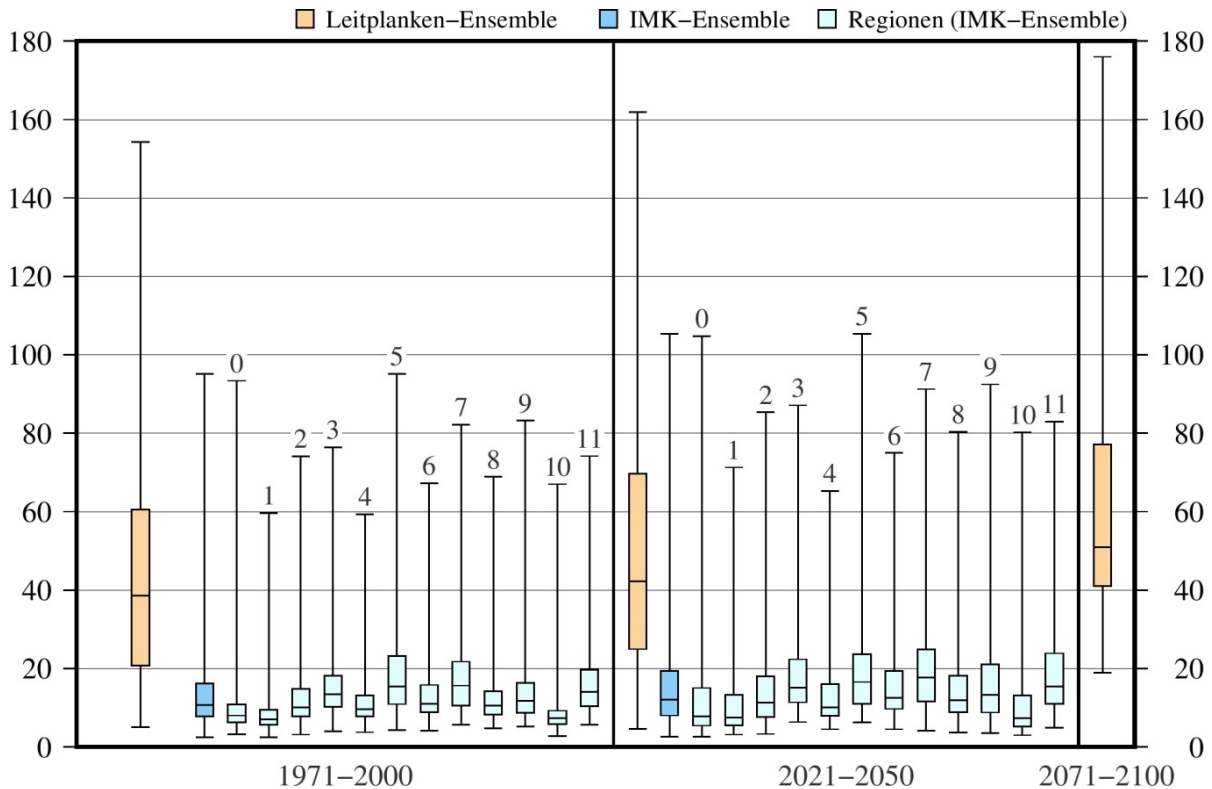


Abbildung 132: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Relative Feuchte zwischen 40 und 70 %). Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungsdaten vor.

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Anzahl der Tage pro Jahr, an denen bei einer Tagesmitteltemperatur unter 1°C mehr als 10 mm Niederschlag fallen (entsprechen etwa 10 cm Schnee)

Wirtschaft (Winterdienst)

Schneeereignisse, bei denen an einem einzelnen Tag große Schneemengen fallen, können Schäden an der Infrastruktur verursachen und die logistische Infrastruktur überfordern. Beispielsweise ist an solchen Tagen der Winterdienst besonders gefordert und die Gefahr von einstürzenden Dächern steigt, sodass ggf. Hallen oder sonstige Gebäude von Schnee freigeräumt werden müssen.

Wald und Forstwirtschaft (Forstverwaltung)

Große Mengen an nassem Schnee können durch ihr Gewicht zu Baumschäden in Form von umfallenden Bäumen und Astabbrüchen führen.

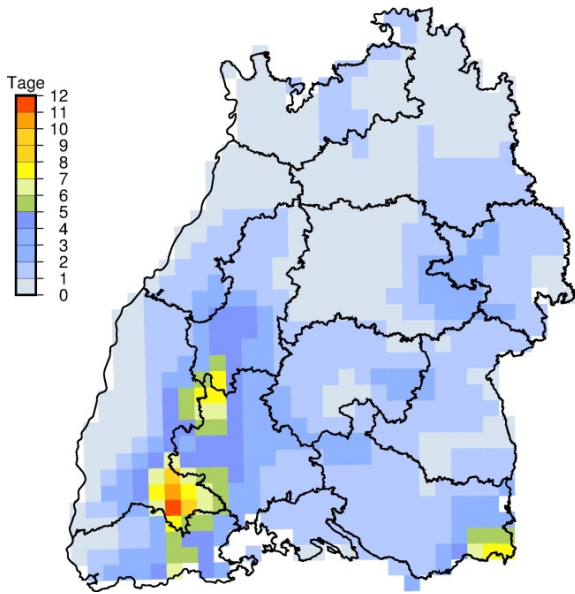
Klimatologie

Erwartungsgemäß ist die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen große Schneemengen fallen, innerhalb Baden-Württembergs sehr unterschiedlich (Kontrollzeitraum 1971-2000). Während in den Höhenlagen des Schwarzwaldes und des Allgäus zwischen 6 und 12 Ereignisse pro Jahr auftreten, sind es in den tiefen Lagen entlang des Rheins und in den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Heilbronn-Franken nur zwischen 0 und 1 Tag, das bedeutet, dass ein solches Ereignis durchschnittlich seltener als einmal im Jahr auftritt. Die Berechnungen der Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder. Die hohe Spannweite an Tagen zwischen den einzelnen Regionen ist auch im Box-Whisker-Plot zu sehen.

Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird in ganz Baden-Württemberg eine Abnahme der Schneeereignisse pro Jahr erwartet, wobei diese in den tieferen Lagen zwischen null und einem Tag weniger pro Jahr liegt, wo die absoluten Zahlen bereits sehr gering sind, und in den höheren Lagen bei bis zu vier Ereignissen im Jahr (IMK-Ensemble). Die Ergebnisse des Leitplanken-Ensembles sind ähnlich, die Änderungen sind jedoch statistisch nicht signifikant. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine weitere Abnahme in der Anzahl der Schneeereignisse um 2 bis 4 Ereignisse pro Jahr in den meisten Teilen Baden-Württembergs erwartet.

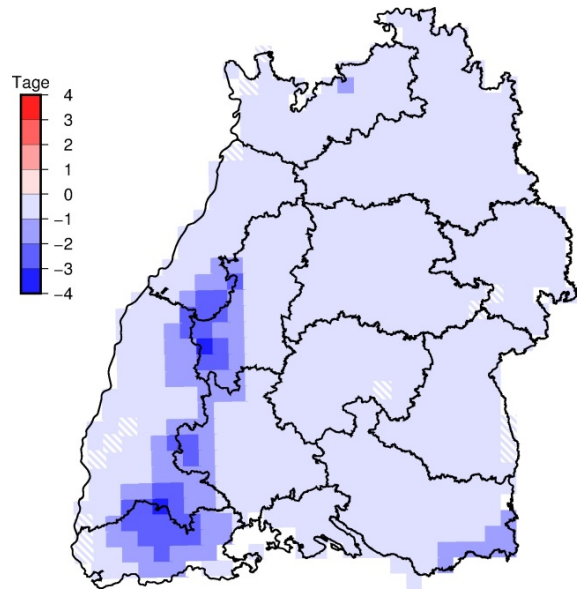
Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

Beobachtungen



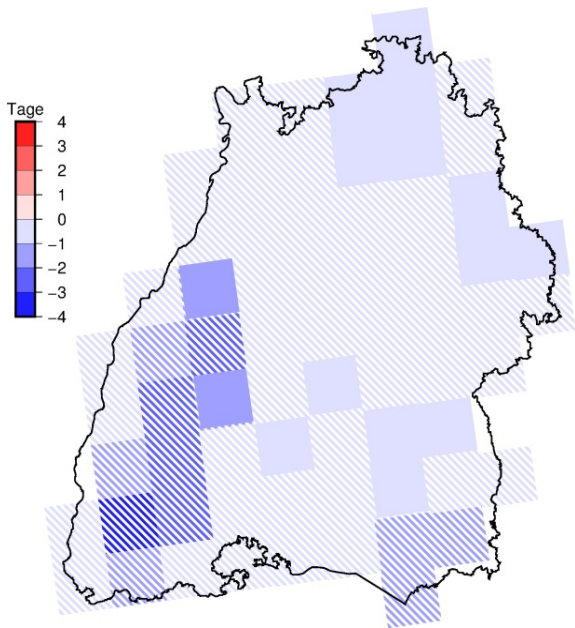
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



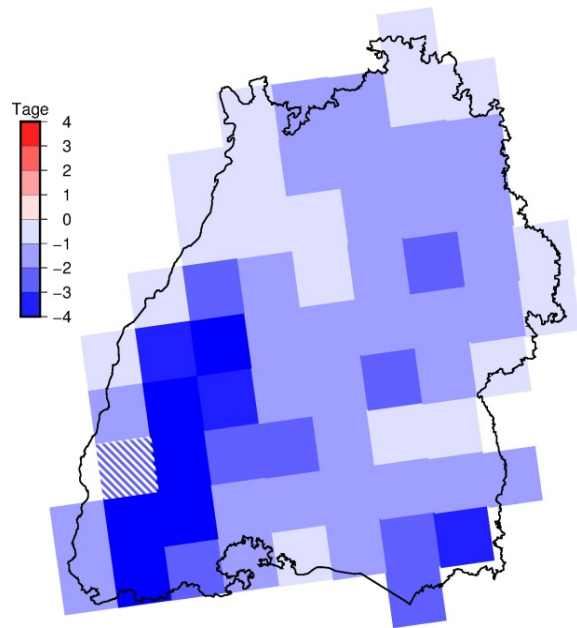
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 133: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Schneeereignisse“

Tabelle 45: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Schneeereignisse)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.3	0.9	1.1	1.8	7.8
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.1	1.1	1.9	3.5	35.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.4	0.9	1.2	1.9	11.2
IMK-Ensemble	1971-2000	0.1	0.9	1.8	3.2	26.1
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.1	0.7	1.3	2.4	21.8
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.7	1.3	2.6	23.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.4	0.7	1.2	13.9

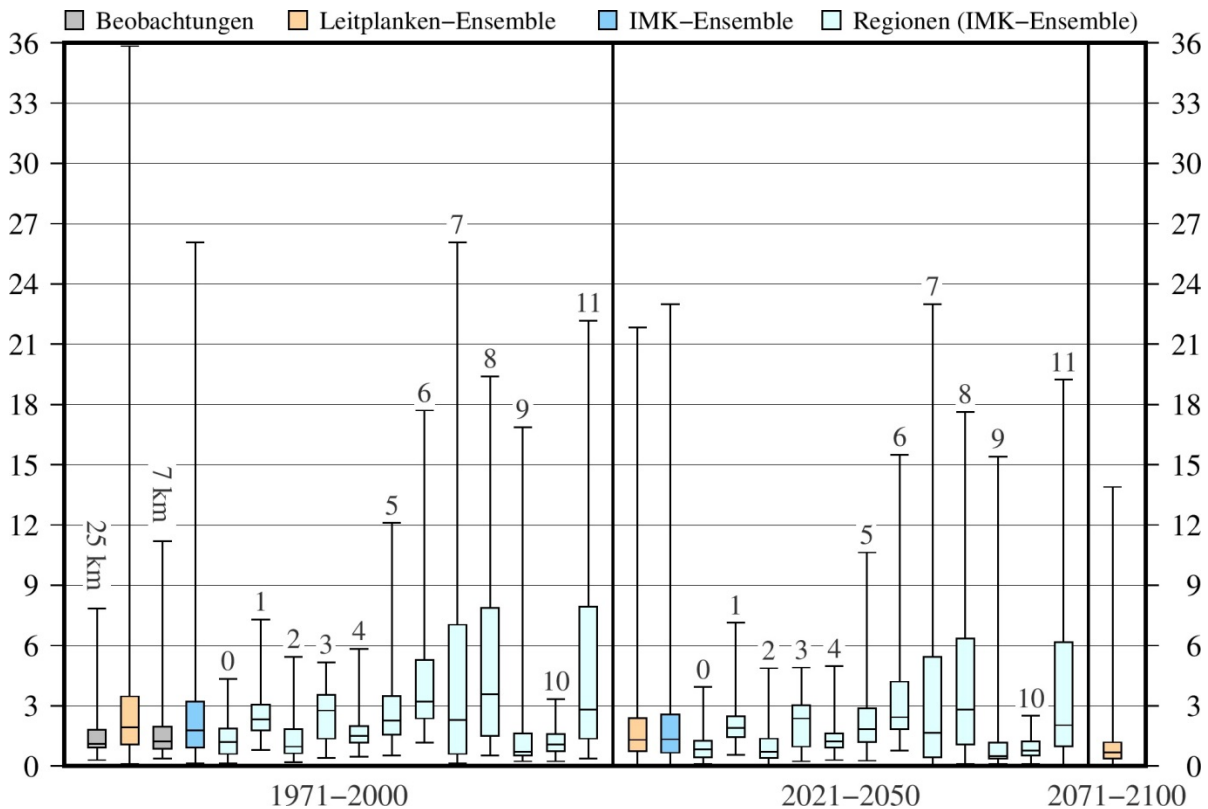


Abbildung 134: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Schneeereignisse)

Sensitivitätsampel
Wald und Forstwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ↔ gelb	Übergang gelb ↔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Mittlerer Oberrhein	grün	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Anpassungsmaßnahmen

Definition

Tage pro Jahr mit einer Tageshöchsttemperatur von mindestens 35 °C

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Straßenbau)

Hitze kann zu Schäden an Straßen führen. So genannte „blow ups“ treten durch starke Erwärmung des Straßenbetons auf. Dadurch dehnt sich dieser aus, wodurch Spannungen innerhalb des Betons entstehen und ihn nach oben aufbrechen lassen. Durch eine häufigere Anzahl an Tagen mit hohen Temperaturen über 35 °C könnte es in Zukunft vermehrt zu Straßenschäden durch „blow ups“ kommen. Diese stellen eine hohe Gefährdung für Verkehrsteilnehmer dar und verursachen gleichzeitig Kosten für die Reparatur. Beispiele für eine konkrete Anpassungsmaßnahme waren im Sommer 2015 Geschwindigkeitsbegrenzungen auf zahlreichen Autobahnen Baden-Württembergs. Eine höhere Hitzeresistenz könnte bei der Planung des zukünftigen Fahrbahnaufbaus (Asphaltrezeptur, Dicke des Aufbaus) einen wesentlichen Faktor darstellen.



Quelle: www.sueddeutsche.de (<http://www.sueddeutsche.de/bayern/gefaehrliche-blow-ups-autobahnen-im-hitzestress-1.2558651>;
Zugriff: 21.01.2016)

Gesundheit (Arbeitsschutz)

Im Bereich Arbeitsschutz betrifft Hitze besonders Personen, die im Freien arbeiten, beispielsweise auf Baustellen. Für Außenarbeiten gibt es keine rechtlich verbindlichen Vorgaben zum Schutz vor Hitze. Die Entscheidung über Maßnahmen liegt beim Bauleiter oder Führungspersonal. Maßnahmen bestehen beispielsweise aus der Bereitstellung von Sonnencreme, Kopfbedeckung (Mütze), Sonnenbrillen und ausreichend Wasser. Eine Alternative ist die Verlegung der Arbeitszeiten in die Morgen- oder Abendstunden.

Klimatologie

Für den Kontrollzeitraum 1971-2000 liegt die beobachtete jährliche durchschnittliche Anzahl der sehr heißen Tage zwischen 0 und 1. Zu beachten ist die Schwankungsbreite zwischen den Jahren: In einzelnen Jahren treten keine auf, in anderen mehr als einer. Der Rheingraben und vor allem die Region zwischen Karlsruhe und Heidelberg (mittlerer Oberrhein) zeigt die höchste Anzahl Tage mit Temperaturen über 35 °C pro Jahr. Die Klimamodellergebnisse überschätzen die Anzahl leicht.

Die Modelle erwarten für ganz Baden-Württemberg sowie die einzelnen Regionen einen Anstieg der Tage mit einer Tageshöchsttemperatur von mindestens 35 °C vom Kontrollzeitraum zur nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble). Dabei sind die Änderungen im Leitplanken-Ensemble statistisch nicht signifikant.

Einen Anstieg in der Zahl der sehr heißen Tage führt zu einer Zunahme der Wahrscheinlichkeit für sehr heiße Tage auch in den Regionen, die bisher selten oder nicht von solchen Ereignissen betroffen waren (Schwarzwald, Schwäbische Alb). Vor allem in den Regionen Südlicher und Mittlerer Oberrhein sowie Teilen der Region Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken und Stuttgart, wo eine Zunahme von bis zu 3 Tagen mit Temperaturen über 35 °C pro Jahr erwartet wird, wird eine stärkere Zunahme der sehr heißen Tage erwartet

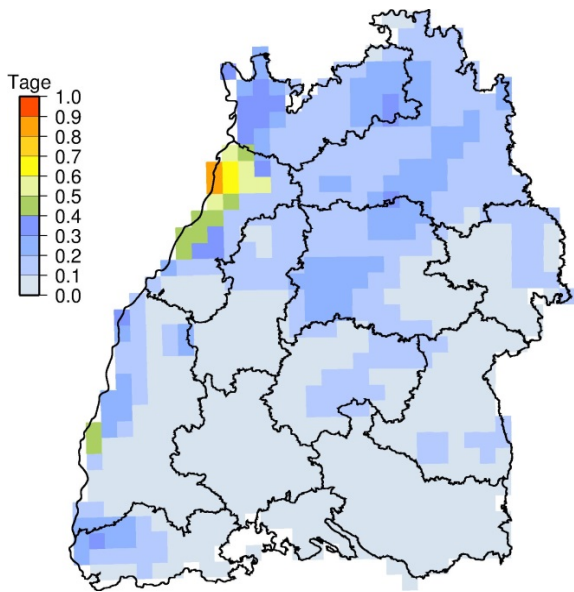
als in der südöstlichen Hälfte Baden-Württembergs. Deswegen ist zu erwarten, dass auf dem Bau zukünftig öfter Maßnahmen gegen Hitzebelastung ergriffen werden müssen und dass auch die Wahrscheinlichkeit für Straßenschäden steigen könnte.

Die unterschiedliche Zunahme der Anzahl der sehr heißen Tage spiegelt auch der Box-Whisker-Plot wider. Der Median für ganz Baden-Württemberg erhöht sich von durchschnittlich etwa 0,2 auf etwas mehr als 1 Tag pro Jahr (IMK-Ensemble, nahe Zukunft).

In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) lassen die Ergebnisse der Klimamodelle eine Zunahme in der Zahl der sehr heißen Tage um 4 bis 16 Tage pro Jahr gegenüber den Werten des Kontrollzeitraums erwarten.

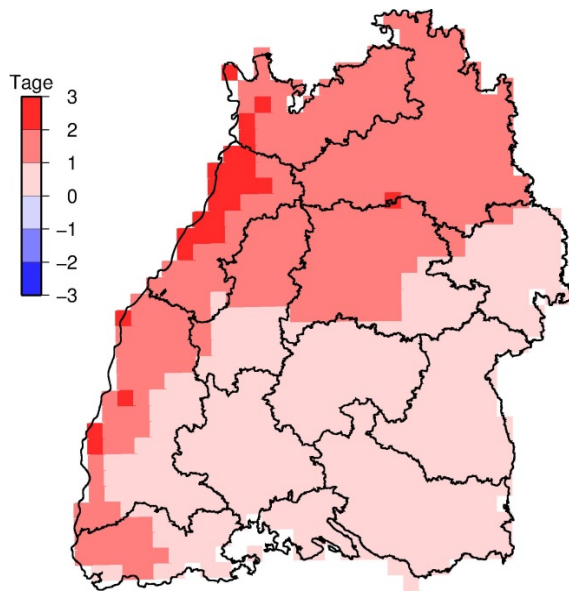
Zu beachten ist, dass zwischen den einzelnen Jahren eine hohe Variabilität bestehen kann, sodass in einzelnen Jahren auch mehrere sehr heiße Tage auftreten können.

Beobachtungen



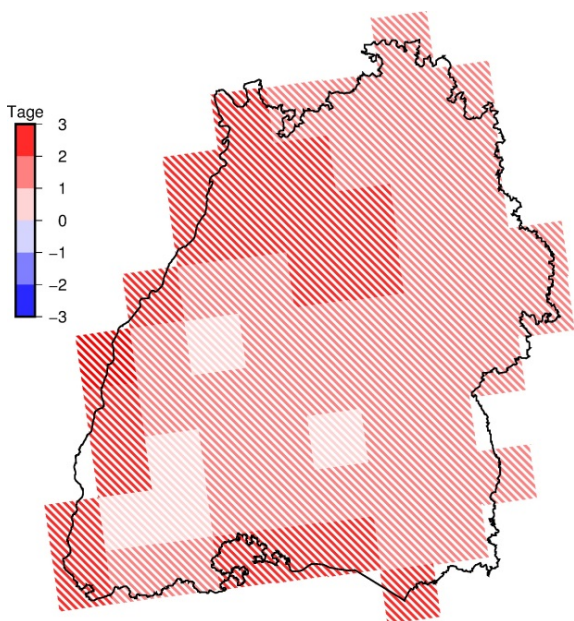
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



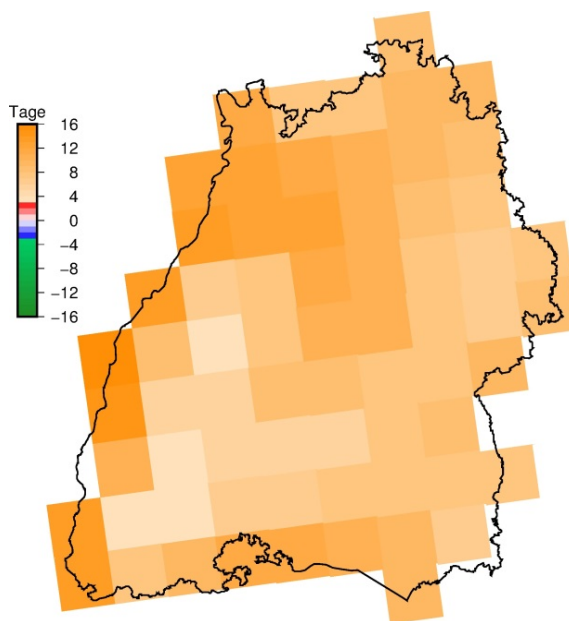
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 135: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sehr heiße Tage“

Tabelle 46: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sehr heiße Tage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.1	1.7	16.6
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.1	0.2	0.8
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.1	0.2	0.5	2.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.0	0.2	4.5	27.0
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.6	1.1	2.0	7.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.6	5.1	19.4	40.7

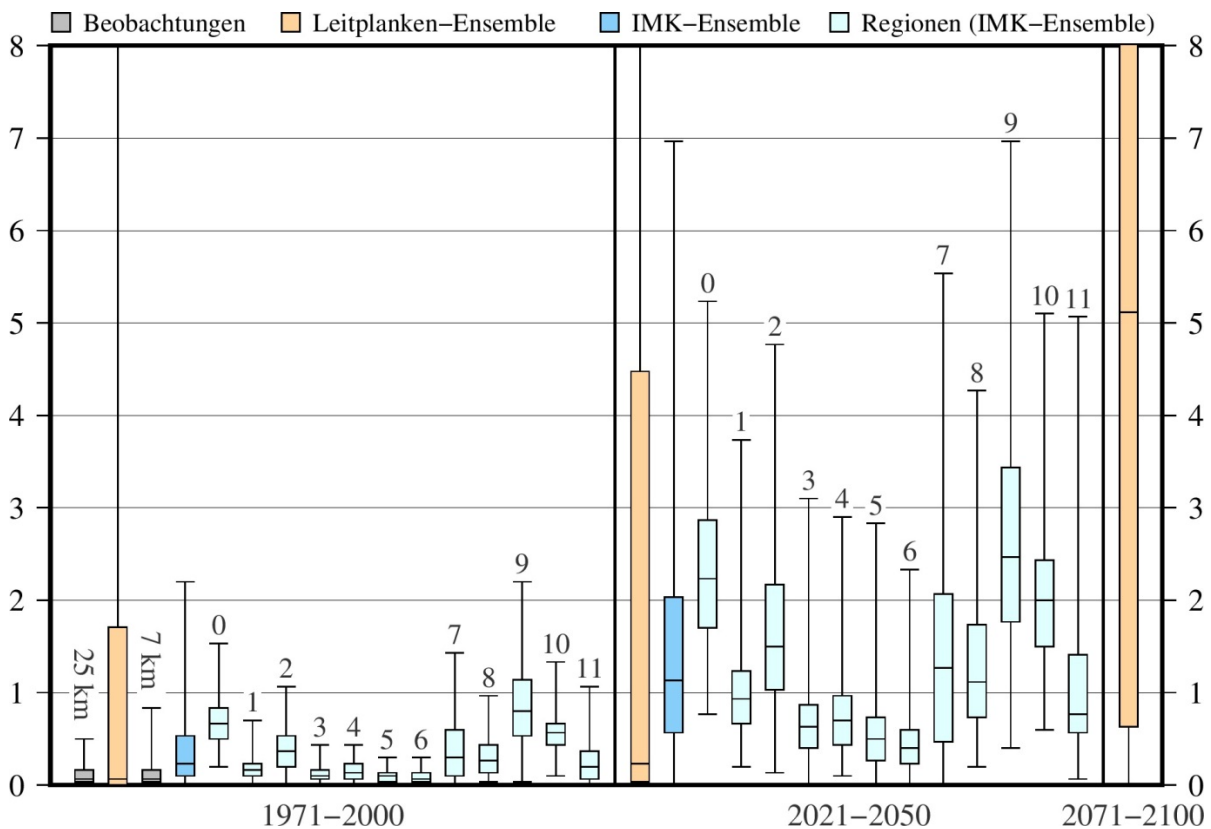


Abbildung 136: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sehr heiße Tage)

Sensitivitätsampel

Gesundheit (Arbeitsschutz)

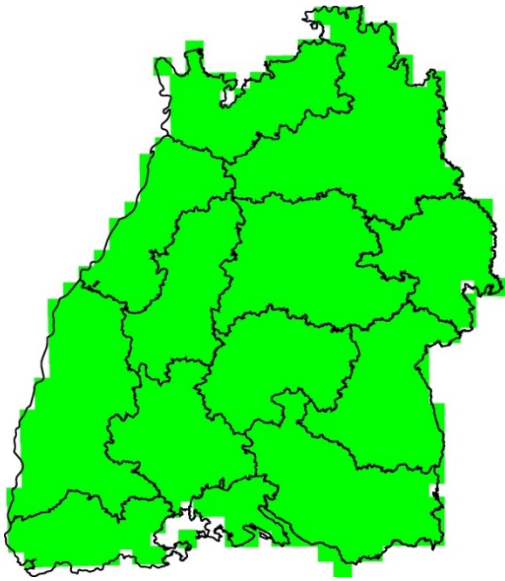
Die erste Stufe von Maßnahmen auf dem Bau wäre, dass die Firma Getränke zur Verfügung stellen muss. Die zweite Stufe wäre die Einstellung der Arbeiten.

„Kosten entstehen in der ersten Stufe nicht direkt (abgesehen von den Getränkekosten), wenn Arbeitnehmer auf Stundenbasis bezahlt werden. Wenn keine Arbeit geleistet wird, bekommen sie auch keinen Lohn für diese Zeit. In der zweiten Stufe kann es auch für Unternehmen kostspielig werden, wenn vertragliche Termine nicht eingehalten werden können und hohe Vertragsstrafen drohen. Normalerweise fällt bei Hitze kein ganzer Tag aus, sondern maximal ein halber. Es sollte möglich sein, bis zu einer Woche Gesamtausfallzeit abzufedern - aber das hängt dann wieder mit örtlicher Optimierung und dem Stand im Bauablauf zusammen. Da kann man keine klare Ansage machen, denn wenn man in der Anfangsphase steckt, kann man gut ausgleichen. Wenn aber in der Endphase (z. B. eine Woche vor vertraglicher Fertigstellung) massive Ausfälle auftreten können schon einzelne Tage entsprechende Auswirkungen haben. Ich muss aber nochmal darauf

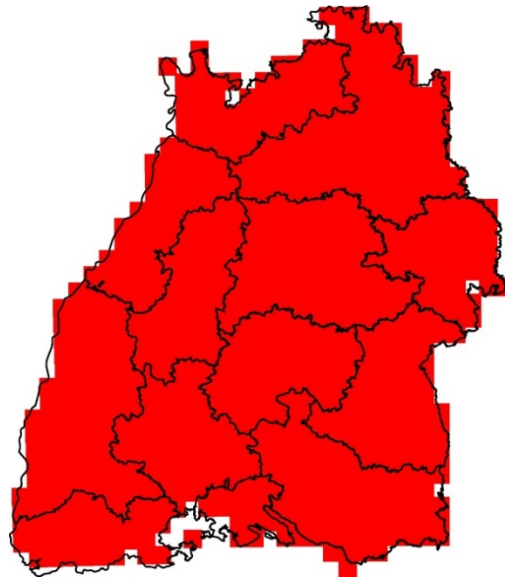
hinweisen, dass das sehr subjektive Einschätzungen sind. Letzten Endes kommt es immer auf die Situation vor Ort an, bzw. wie man seinen Bauablauf optimieren kann.“ (Experteneinschätzung)

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Die Grenzen lassen sich nicht exakt definieren, daher sind die Angaben eher als allgemeine Schätzwerte anzunehmen.	grün/gelb	+10 %	+30 %	„Abhängig vom Trend: Grundsätzlich Anpassung der Bauablauf- und Terminpläne. Ggf. Verkürzung der Arbeitszeit/mehr Pausen, in Extremfällen Maßnahmen analog zum Winterbau: Schutzzelte mit Klimaanlage – bisher nach Kenntnis d. Verfassers noch nicht in Deutschland eingesetzt.“ (Experteneinschätzung)

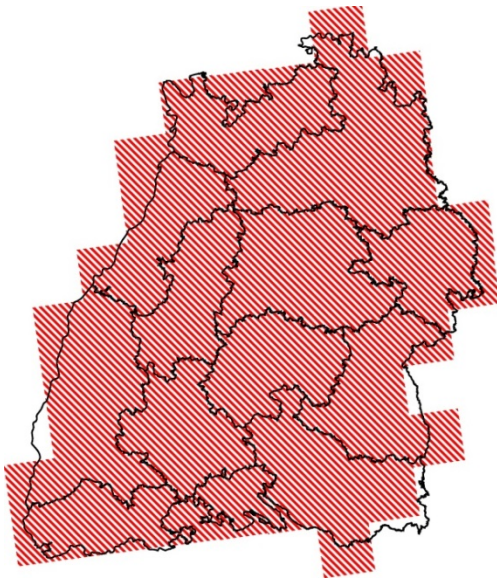
Beobachtungen (1971 - 2000)



IMK-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2071 - 2100)

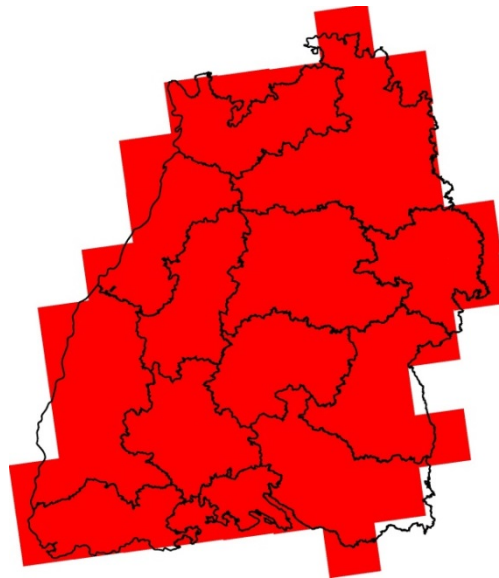


Abbildung 137: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Sehr heiße Tage“

Definition

Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagestiefsttemperatur kleiner 0 °C oder mit einer Tageshöchsttemperatur größer gleich 35 °C

Boden

Der Humusumsatz ist eine wichtige Größe für die Bodenqualität. Humus dient als wichtiger Speicher für Kohlenstoff und Nährstoffe. Weiterhin ist er für die Versorgung der Böden mit Wasser und Luft von entscheidender Bedeutung. Die Fruchtbarkeit von Böden hängt daher direkt vom Humusgehalt und Humusqualität ab. Da durch Bewirtschaftung von Böden der Humus einem stetigen Abbau, Umbau und Aufbau unterliegt, ist ein ausgeglichener Humusumsatz entscheidend für die Erhaltung der Bodenqualität. Die hier genannte Klimakenngröße „Sehr heiße Tage oder Frosttage“ stellt die Tage dar, an denen der Humusumsatz eingeschränkt ist, die also eine geringere Aktivität humusumsetzender Organismen zur Folge haben.

In Zukunft könnte eine Abnahme der Anzahl an Tagen mit starker Einschränkung des Humusumsatzes zu einer Zunahme des Humusumsatzes führen, sofern ein ausgeglichener Bodenwasserhaushalt vorliegt. Im Winterhalbjahr kann dies negative Auswirkungen haben. Durch den verstärkten Abbau organischer Substanz geht nicht nur Kohlenstoff aus dem Boden verloren, sondern auch Kationenaustauschoberflächen und Nährstoffe wie Stickstoff, und zwar zu einer Zeit, in der die Pflanzen nichts (oder nur wenig) aufnehmen.

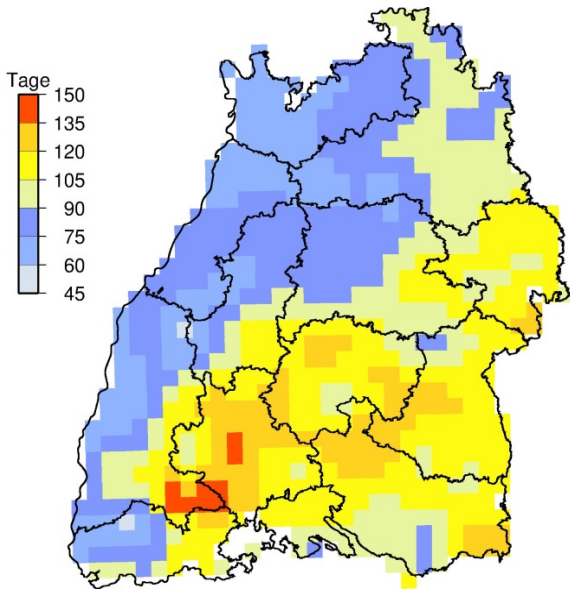
Klimatologie

Die beobachtete durchschnittliche Anzahl der Tage im Jahr mit starker Einschränkung des Humusumsatzes in Baden-Württemberg liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) bei etwa 100. In den Regionen Rhein-Neckar und Mittlere Oberrhein sowie in Teilen des Südlichen Oberrheins ist die Anzahl mit 60 bis 90 Tagen im Jahr geringer. Dagegen ist im Bereich der Schwäbischen Alb und dem Alpenvorland die Anzahl deutlich höher, dort sind es etwa 105 bis 135 Tage pro Jahr. Die höchste Anzahl Tage mit starker Einschränkung des Humusumsatzes pro Jahr, bis zu 150, tritt im Schwarzwald (Region Südlicher Oberrhein auf). Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

Die erwarteten Änderungen in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) zeigen für ganz Baden-Württemberg eine signifikante Abnahme der Tage mit Temperaturen, die mit eingeschränktem Humusumsatz verbunden sind. Meist liegt die Abnahme zwischen 15 und 20 Tage im Jahr. Die größte Abnahme mit bis zu 25 Tagen weniger pro Jahr wird in der Region Donau-Iller erwartet. Entlang des Rheins wird gebietsweise eine Abnahme zwischen 10 und 15 Tagen pro Jahr erwartet. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine weitere Abnahme erwartet, mit insgesamt zwischen 15 und 50 Tagen mit eingeschränktem Humusumsatz weniger als im Kontrollzeitraum.

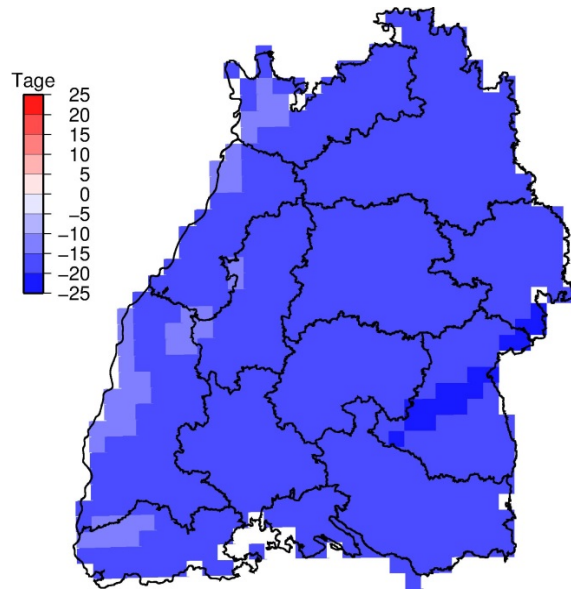
Trotz regionaler Unterschiede im Kontrollzeitraum zeigt der Box-Whisker-Plot eine etwa gleichmäßige Abnahme der Zahl von Tagen mit eingeschränktem Humusumsatz in ganz Baden-Württemberg. Auch die Streuung innerhalb der Regionen bleibt zwischen Kontrollzeitraum und naher Zukunft ähnlich. Die Klimasimulationen erwarteten in der nahen Zukunft (2021-2050) eine Abnahme des Medians für ganz Baden-Württemberg von knapp 100 Tagen im Kontrollzeitraum auf etwas über 80 Tage pro Jahr.

Beobachtungen



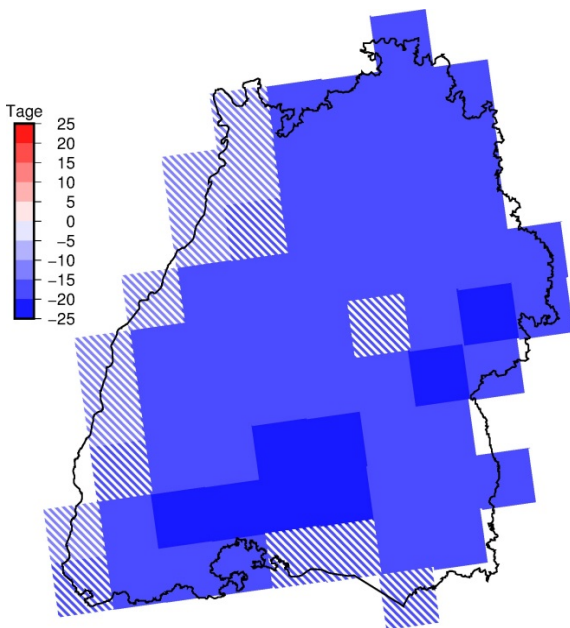
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



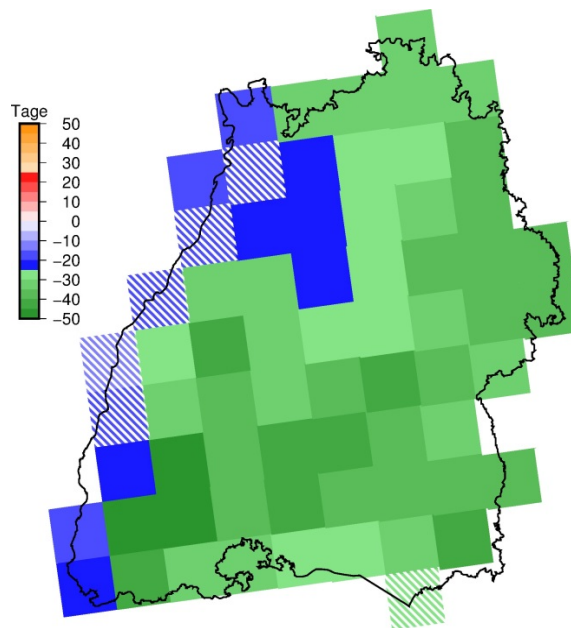
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 138: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sehr heiße Tage oder Frosttage“

Tabelle 47: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sehr heiße Tage oder Frosttage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	64.1	80.9	94.3	110.5	135.7
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	20.4	64.0	84.3	100.8	157.9
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	57.9	81.2	98.2	111.0	140.4
IMK-Ensemble	1971-2000	50.1	81.9	99.1	113.2	143.4
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	11.9	48.1	64.5	82.0	139.0
IMK-Ensemble	2021-2050	29.8	65.1	80.5	95.1	128.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	9.0	31.8	45.6	72.4	130.9

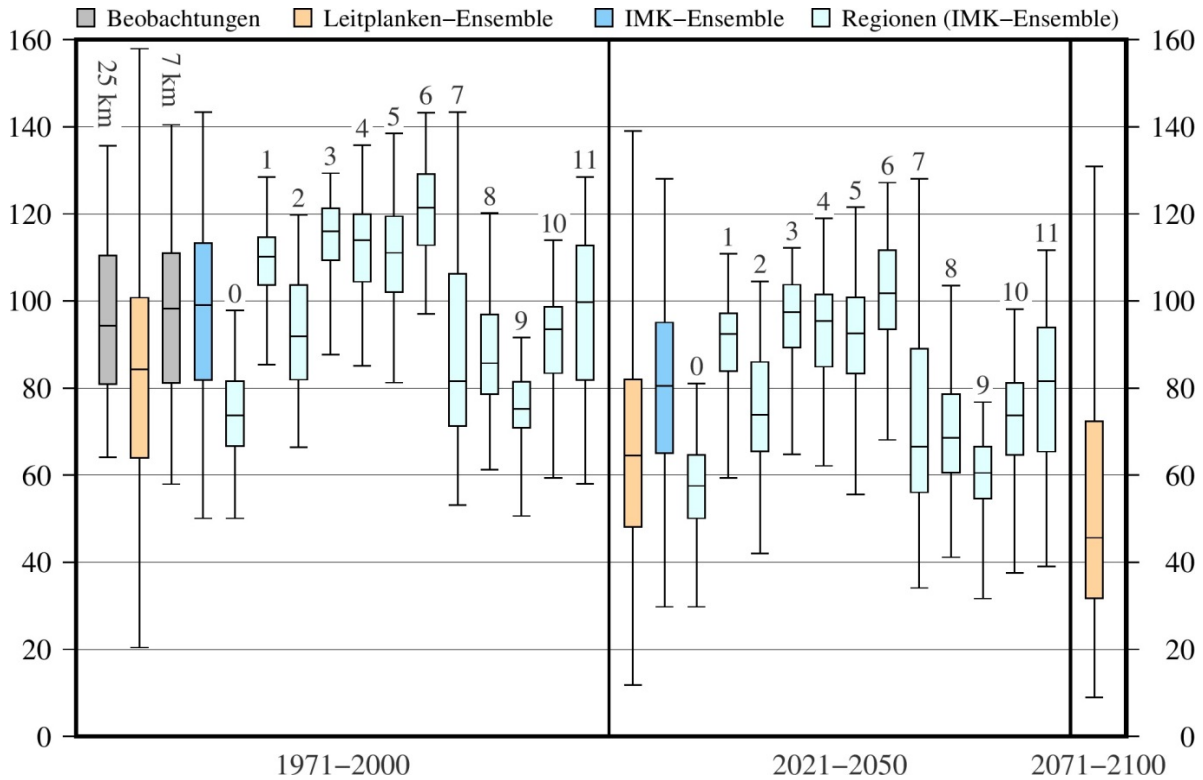
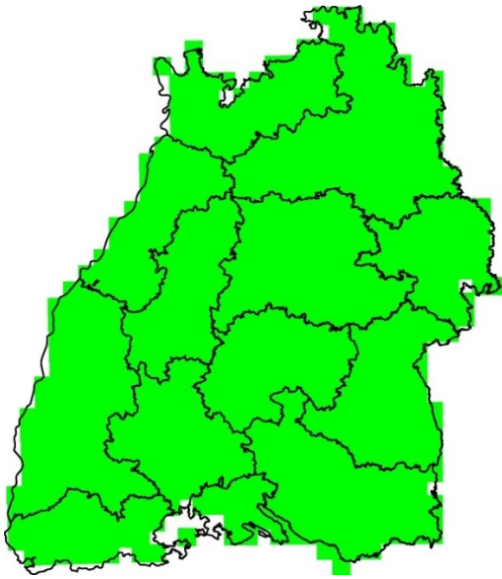


Abbildung 139: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sehr heiße Tage oder Frosttage)

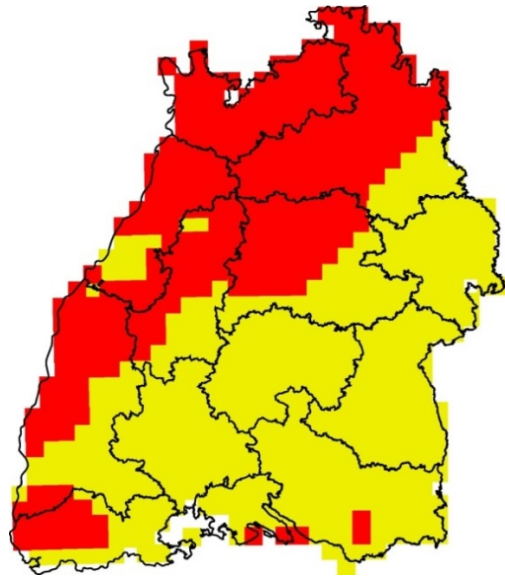
Sensitivitätsampel

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
„Für die östlichen Regionen weniger, für die westlichen Regionen mehr“	grün	-10 %	- 20 %	„Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen von Temperatur und Bodenfeuchte auf den Humusumsatz ist die Konkretisierung von Anpassungsmaßnahmen nur bei einer kombinierten Betrachtung dieser Klimakennwerte möglich.“ (Experteneinschätzung)

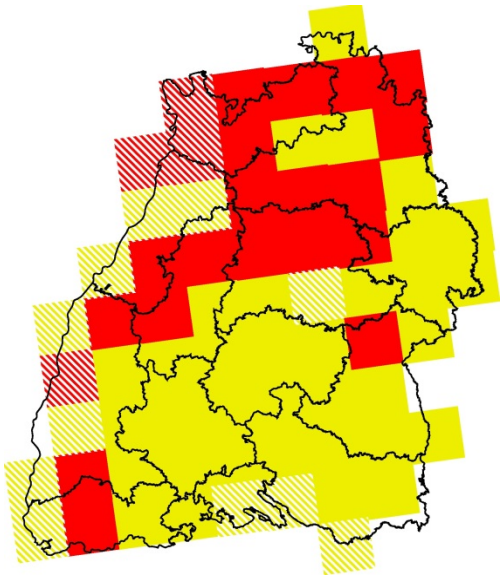
Beobachtungen (1971 - 2000)



IMK-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2071 - 2100)

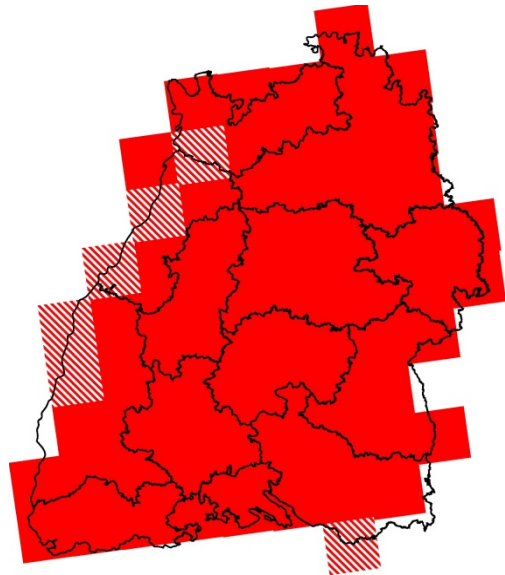


Abbildung 140: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Sehr heiße Tage oder Frosttage“

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

Stadt- und Raumplanung (Städtebau, Bauleitplanung), Gesundheit, Landwirtschaft, Forstwirtschaft

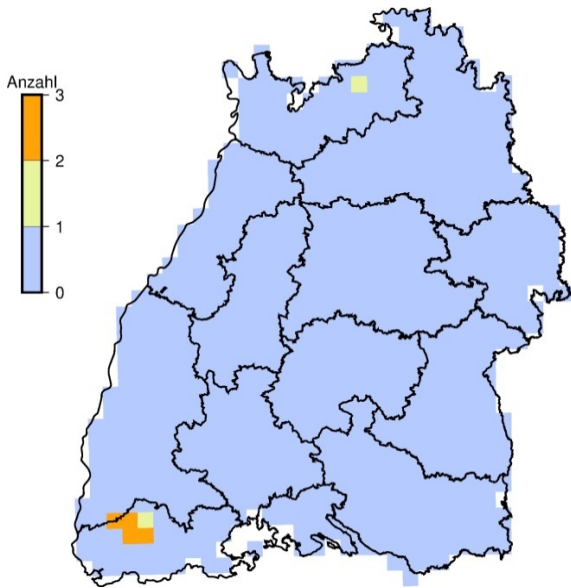
Der Sommer 2003 ist in vielen Branchen als ein besonders heißer und trockener Sommer in Erinnerung geblieben ist, der bis dahin noch nicht aufgetretene Folgen brachte. Dazu zählen beispielsweise hohe Sterberaten in Städten in Folge von Hitzebelastungen, Hitzeschäden und daraus resultierende Ernteeinbußen in der Landwirtschaft oder Trockenheitsschäden an Bäumen. Da der Sommer 2003 immer wieder genannt wurde, wenn nach Ereignissen mit negativen Wirkungen von Wetter und Klima gefragt wurde, wurden die Klimamodelle daraufhin untersucht, wie häufig ein Sommer mit ähnlicher Witterung in Zukunft auftreten könnte.

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 traten ganz kleinräumig solche Bedingungen in ein bzw. zwei Sommern auf.

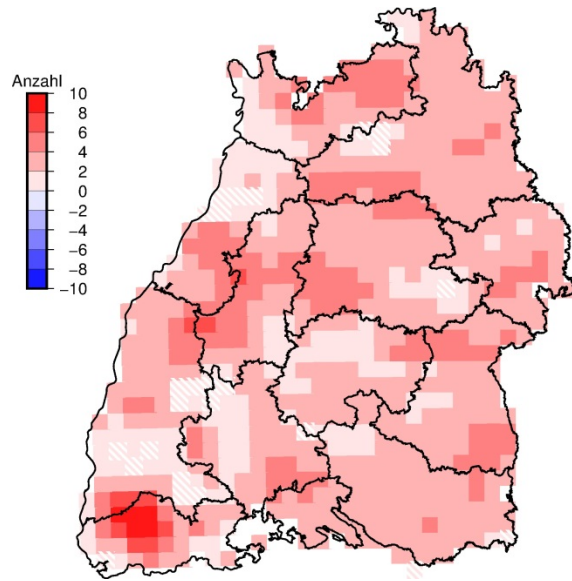
In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) werden 0 bis 6 „Sommer wie der Sommer 2003“ mehr im Zeitraum von 30 Jahren erwartet. Im Leitplanken-Ensemble sind die berechneten Änderungen statistisch nicht signifikant. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) könnten in ganz Baden-Württemberg bis zu 10 Sommer mehr auftreten, die, bezogen auf die Zahl der heißen Tage, wie der Sommer 2003 sind.

Beobachtungen



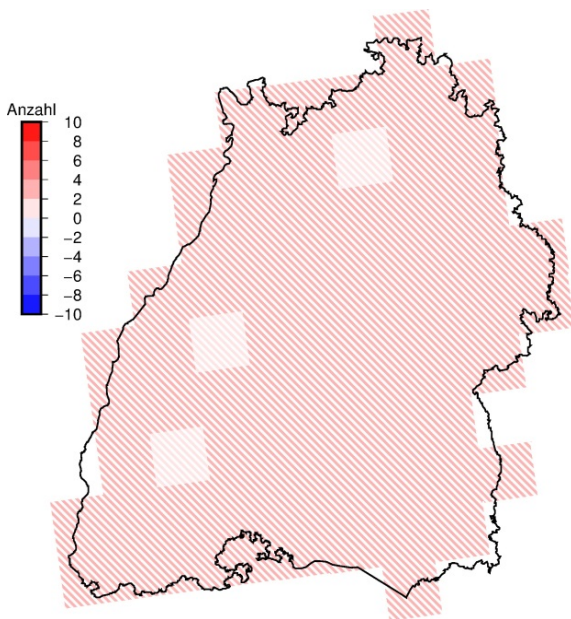
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



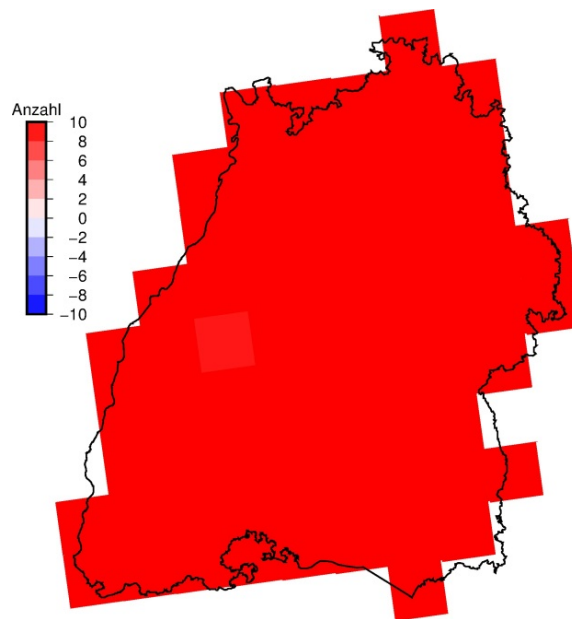
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 141: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sommer 2003“

Tabelle 48: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sommer 2003)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.0	4.0	25.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.0	0.0	10.0	30.0
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	1.0	3.0	4.0	23.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	2.0	15.0	26.0	30.0

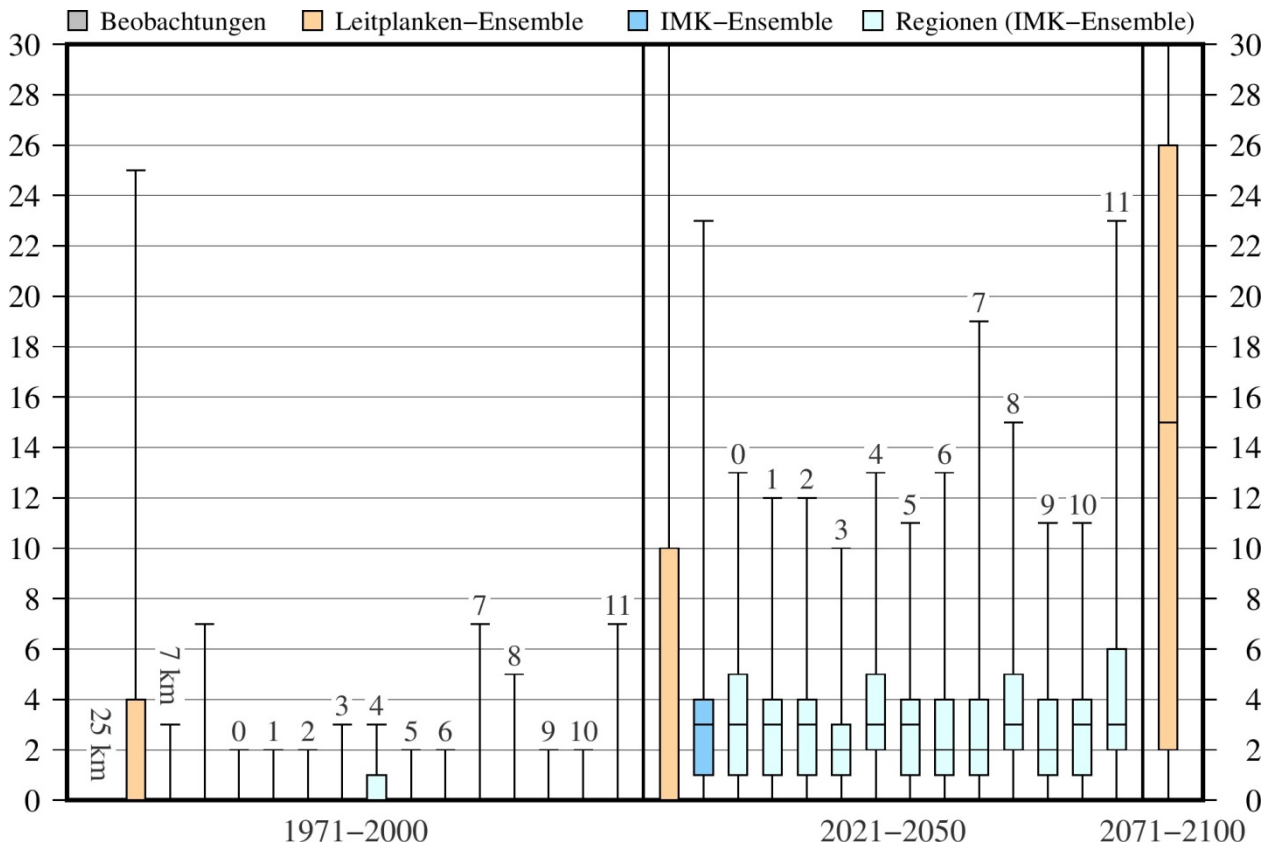


Abbildung 142: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sommer 2003)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Tag des letzten Frostes pro Jahr (julianischer Tag zwischen Januar und Mai, an dem Tagestiefsttemperatur unter 0 °C liegt)

Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage (Tages-Mitteltemperatur > 5 °C) vor dem Tag des letzten Frostes pro Jahr

Landwirtschaft (Obstbau)

Alle Obstsorten brauchen in der Zeit von ca. November bis ca. Februar eine sogenannte Winterruhe. Aprikosenbäume brauchen dabei beispielsweise eine viele kürzere Periode als Apfelbäume. Dies bedeutet, dass eine wärmere Periode (deutlich über 0 °C) nach einer kurzen Kälteperiode von ein bis zwei Wochen Anfang Dezember die Aprikosenbäume schon austreiben lässt. Wenn in Januar wieder eine Kälteperiode auftritt (was ziemlich wahrscheinlich ist), vernichtet der Frost ein Großteil der Knospen der Aprikosenbäume. Zudem spielen Spätfroste im Frühjahr eine Rolle.

Es wird erwartet, dass die Winter generell milder werden. Trotzdem werden auch in Zukunft Kaltlufteinbrüche und auch Kahl- und Spätfroste auftreten. War der Witterungsverlauf vorher eher milde, trifft der Frost auf enthärtete Pflanzen und schlägt desto schlimmer zu.

Stadt- und Raumplanung (Grünflächenplanung)

Für die winterliche Frosthärtung der Gehölze ist weniger der erste Frosteintritt als ein verlässlicher winterlicher Temperaturverlauf bedeutend, ein Auf-und-Ab im Temperaturverlauf – möglicherweise noch mit einem kräftigen Spätfrost – ist dagegen auch für frostharte Gehölze unter Umständen sehr schädlich. Frostrisse und Frostplatten am Stamm, die Holz zersetzenden Pilzen den Zutritt eröffnen, sind bei Jungbäumen dann oft die Folge.

KlimatologieTag des letzten Frostes

Die Beobachtungen (1971-2000) zeigen eine deutliche Höhenabhängigkeit des Termins des letzten Frosttages in Baden-Württemberg. In den höheren Lagen von Schwarzwald und Schwäbischer Alb tritt Frost durchschnittlich bis zum 125. Tag des Jahres auf, in den tiefen Lagen im Oberrheingraben nur etwa bis zum 100. Tag.

Für die Zukunft (2021-2050) erwarten die Klimamodelle eine Verschiebung des Termins um drei bis 12 Tage nach vorne (IMK-Ensemble), bzw. um bis zu drei Tage bei meist statistisch nicht signifikanten Änderungen (Leitplanken-Ensemble). In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird ein Rückgang um bis zu 24 Tage erwartet, wobei auch die hier erwarteten Änderungen meist statistisch nicht signifikant sind.

Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag

Um die Gefahr von Spätfrosten für die Vegetation zu kennen, wurde die höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage (Tage mit Mitteltemperatur über 5 °C), die jedes Jahr vor dem letzten Frost auftreten, gezählt. Daraus lässt sich abschätzen, wie weit sich die Vegetation schon entwickeln konnte, bevor noch einmal ein Frost auftritt.

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) traten in der Südosthälfte Baden-Württembergs durchschnittlich pro Jahr zwischen 10 und 13 aufeinanderfolgende Vegetationstage auf, im Oberrheingraben etwa 14 bis 19. Für die Zukunft (2021-2050) werden in den meisten Teilen Baden-Württembergs keine statistisch signifikanten Änderungen erwartet. Nur im IMK-Ensemble in kleineren Regionen entlang des Rheins wird eine leichte Zunahme der Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor dem letzten Frosttag um bis zu 1,6 Tage erwartet. Auch die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) zeigt keine statistisch signifikanten Änderungen.

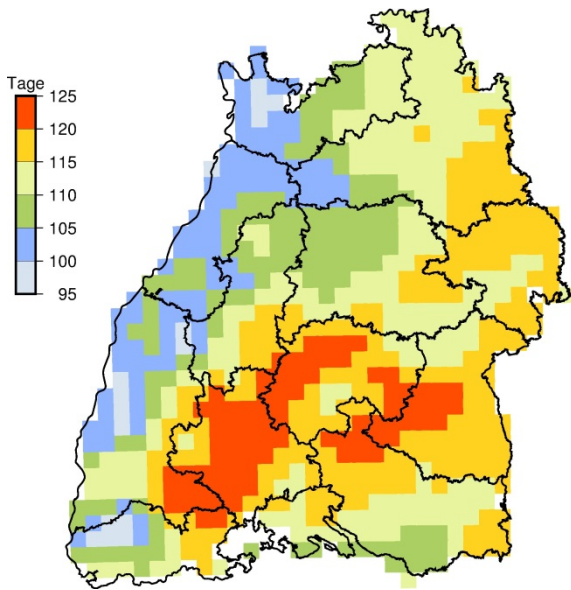
Bei diesen Auswertungen ist zu berücksichtigen, dass für den Entwicklungsstand der Pflanzen auch die absolute Temperatur der Vegetationstage vor dem letzten Frost eine Rolle spielt, ebenso wie der Temperaturverlauf im vorherigen Winter. Auch die Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr ist gegeben.

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

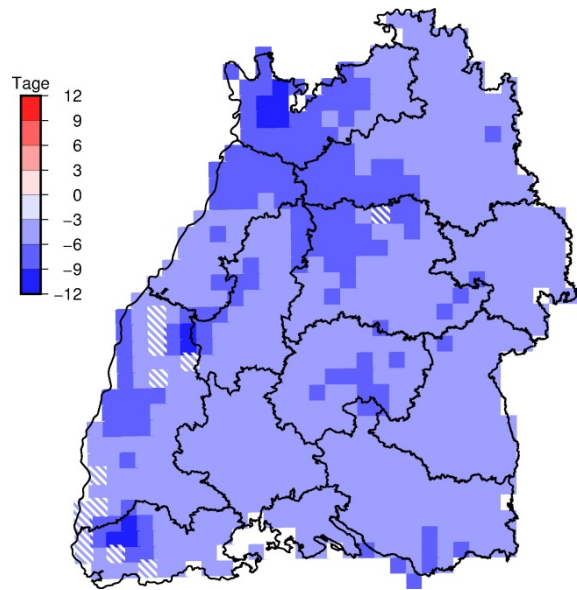
Tag des letzten Frostes

Beobachtungen



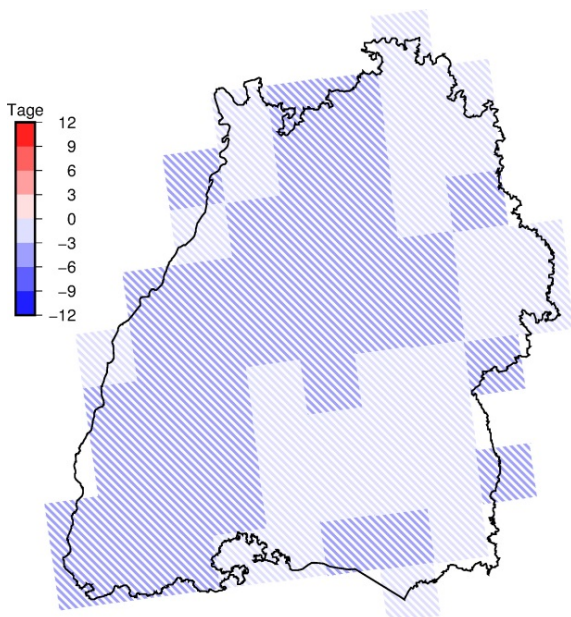
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



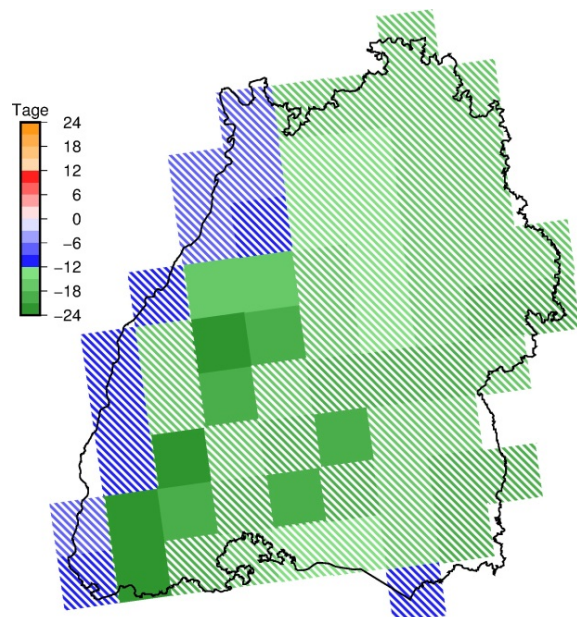
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 143: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tag des letzten Frostes“

Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag

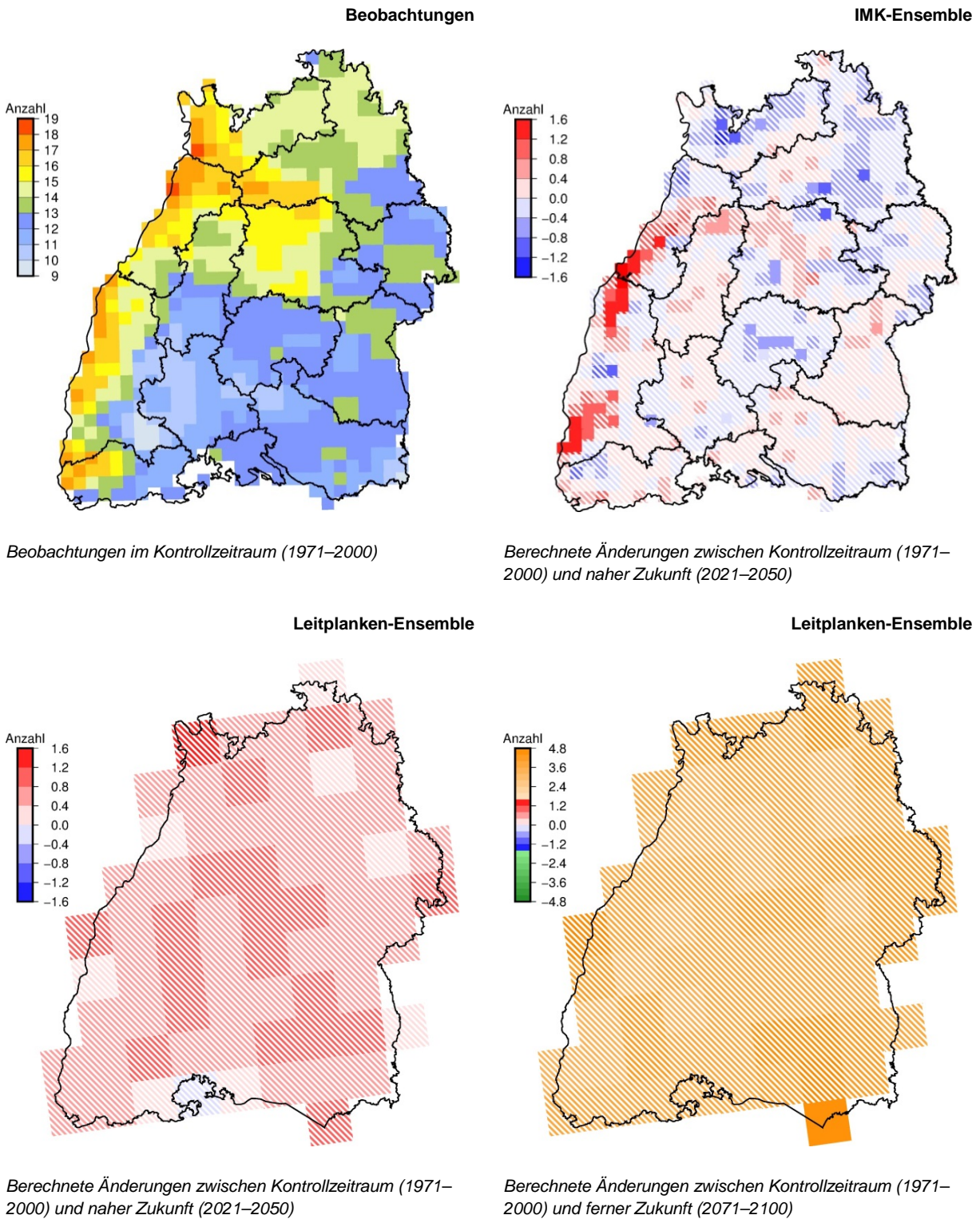


Abbildung 144: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag“

Tag des letzten Frostes

Tabelle 49: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tag des letzten Frostes)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	96.3	108.2	113.0	116.0	123.6
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	12.7	45.1	91.9	101.4	138.1
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	95.7	107.8	113.9	116.8	124.8
IMK-Ensemble	1971-2000	12.0	101.9	107.8	112.8	127.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	17.2	51.6	83.0	94.7	134.4
IMK-Ensemble	2021-2050	13.2	94.3	101.3	106.6	122.7
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	9.8	26.8	69.1	83.6	117.3

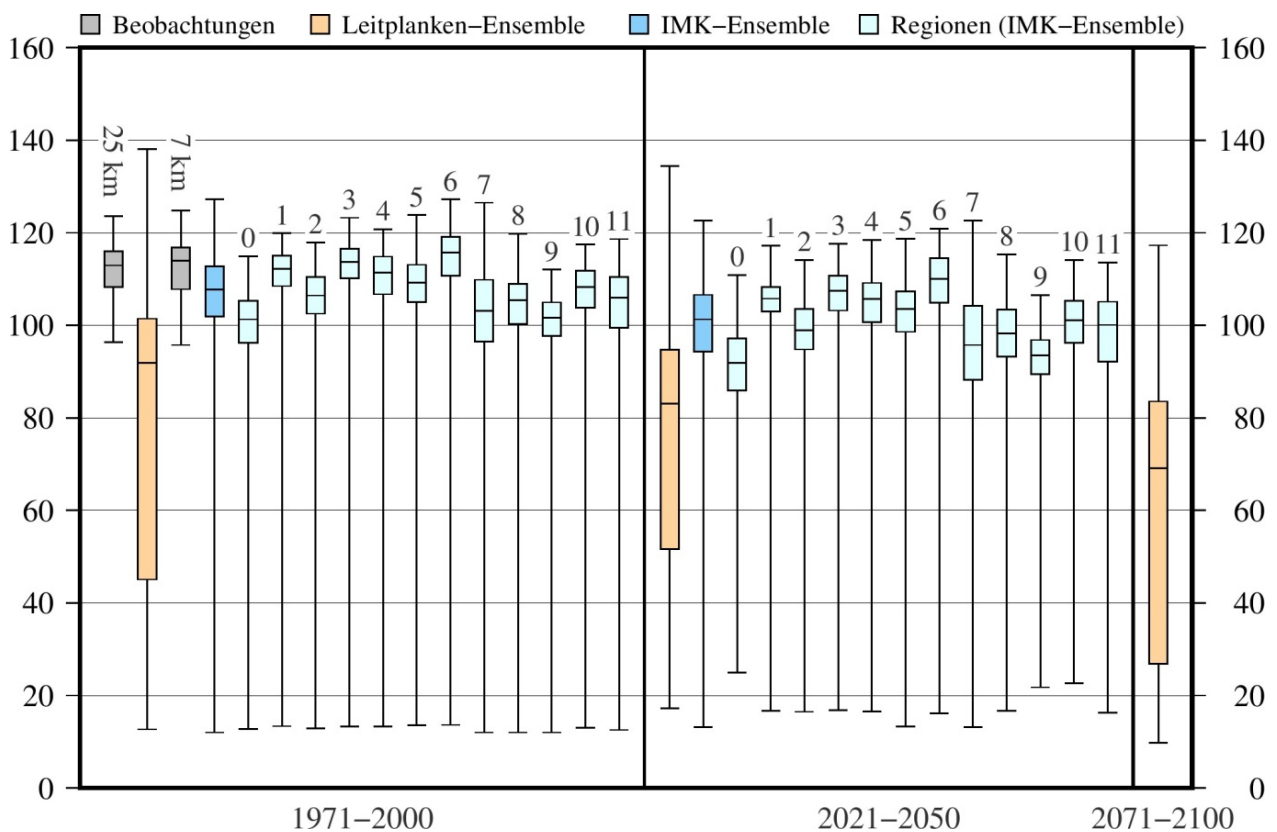


Abbildung 145: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tag des letzten Frostes)

Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag

Tabelle 50: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	9.7	12.2	13.1	14.7	18.3
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	5.2	8.9	10.4	17.6	48.4
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	9.1	12.2	13.1	14.6	18.4
IMK-Ensemble	1971-2000	4.6	10.3	12.0	14.1	48.9
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	4.9	8.6	10.4	18.5	53.5
IMK-Ensemble	2021-2050	4.2	9.9	11.6	14.1	50.7
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	5.5	10.3	12.6	33.7	53.6

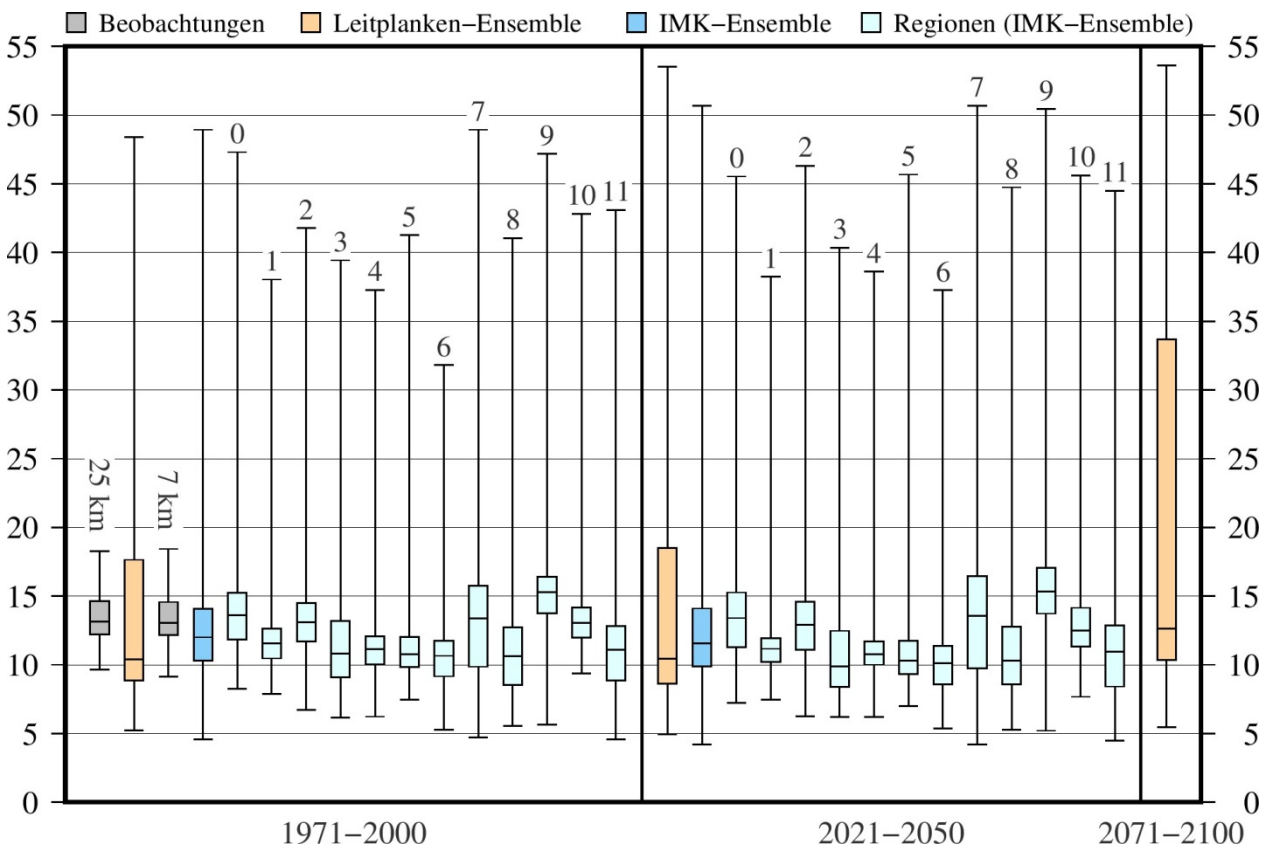


Abbildung 146: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag)

Definition

Anzahl Tage pro Jahr, an denen eine bestimmte Tageshöchsttemperatur auftritt, aber nicht über 25°C steigt; gleichzeitig darf an diesen Tagen nicht mehr als 5 mm Niederschlag fallen;

Tageshöchsttemperaturen:

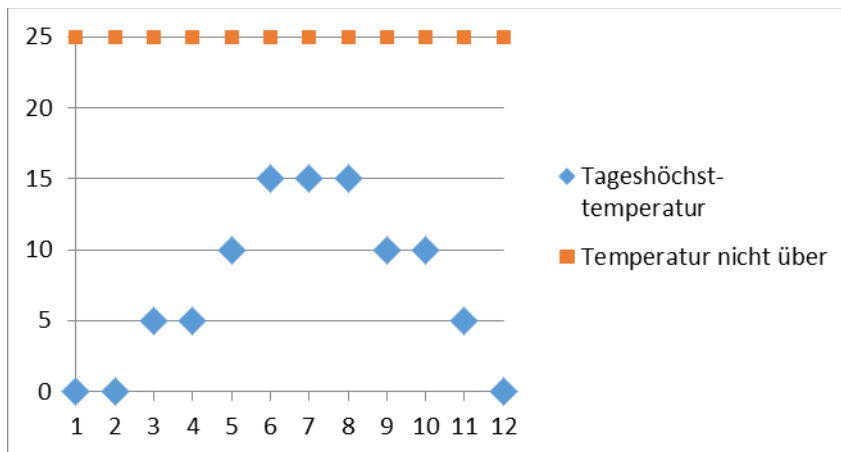
Dezember, Januar, Februar:	mindestens 0 °C
März, November:	mindestens 5 °C
April, Mai, September, Oktober:	mindestens 10 °C
Juni, Juli, August:	mindestens 15 °C

Tourismus

Für das „Spazierverhalten“ von Touristen und Einheimischen spielt die Temperatur eine wichtige Rolle. Die Temperatur wird im Jahresverlauf unterschiedlich erlebt, da im Sommer höhere Temperaturen als angenehm empfunden werden als im Frühjahr oder Herbst. Gleichzeitig ist auch das Auftreten von Regen ein wichtiger Einflussfaktor. An Regentagen sind die Außenaktivitäten meist eingeschränkt. Das Spazierverhalten hat auch Auswirkungen auf die Besucherzahlen in beispielsweise Naturschutzgebieten, Nationalparks, und gastronomischen Einrichtungen.

Heiße Tage wirken sich negativ auf das „Spazierverhalten“ aus, die maximale Spaziertemperatur liegt bei ca. 25 °C, danach wird es den meisten Menschen zu warm. Eine milde Temperatur in Frühjahr und Herbst ist dagegen positiv.

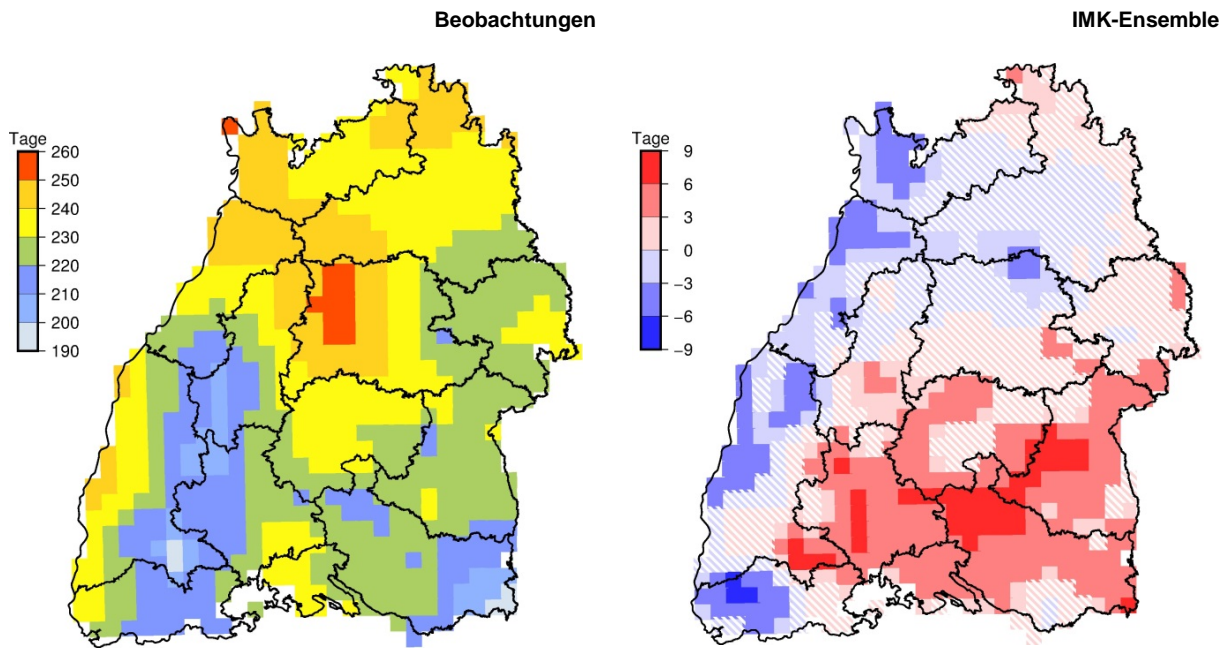
Wenn die Temperaturen in Zukunft im ganzen Jahr wärmer würden, fände eine Verschiebung vom Sommer in das Frühjahr bzw. den Herbst statt.

**Klimatologie**

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen die Beobachtungen für Baden-Württemberg etwa 200 bis 220 Spaziertage pro Jahr in den Höhenlagen (Schwarzwald, Allgäu) und etwa 230 bis 260 Tage entlang des Rheins und in den Regionen Mittlerer Oberrhein, Stuttgart, Rhein-Neckar und Heilbronn-Franken. Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

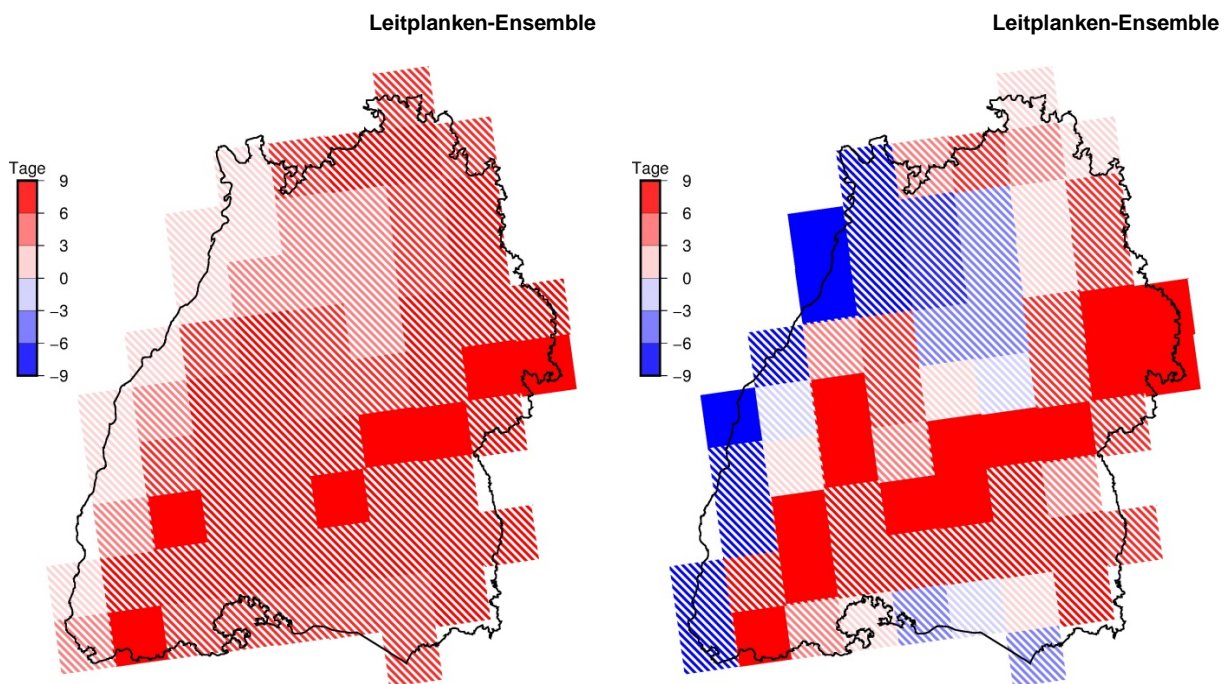
In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) erwarten die Klimamodelle unterschiedliche Änderungen in der Zahl der Spaziertage pro Jahr, die in vielen Regionen statistisch nicht signifikant sind. Signifikante Abnahmen um 3 bis 6 Tage werden entlang des Rheins erwartet, da dort die Zahl der Tage mit Temperaturen über 25 °C, was als Obergrenze für die Spaziertage definiert wurde, deutlich zunimmt. Zunahmen um 3 bis 9 Tage pro Jahr werden hingegen in den Regionen Donau-Iller, Bodensee-Oberschwaben und Schwarzwald-Baar-Heuberg erwartet. Die Ergebnisse der Klimamodelle des Leitplanken-Ensembles zeigen für die nahe Zukunft ebenfalls erwartete Zunahmen bis zu 9 Tage pro Jahr in den genannten Regionen. In der fernen Zu-

kunft (2071-2100) werden ebenfalls solche Zunahmen gegenüber dem Kontrollzeitraum erwartet, während entlang des Rheins eine Abnahme der Spaziertage um bis zu 9 Tage pro Jahr projiziert wird.



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 147: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Spazierwetter“

Tabelle 51: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Spazierwetter)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	207	223	230	239	252
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	111	181	199	221	266
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	194	222	229	237	254
IMK-Ensemble	1971-2000	172	216	223	232	255
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	120	192	209	226	270
IMK-Ensemble	2021-2050	179	218	225	233	256
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	133	192	204	217	262

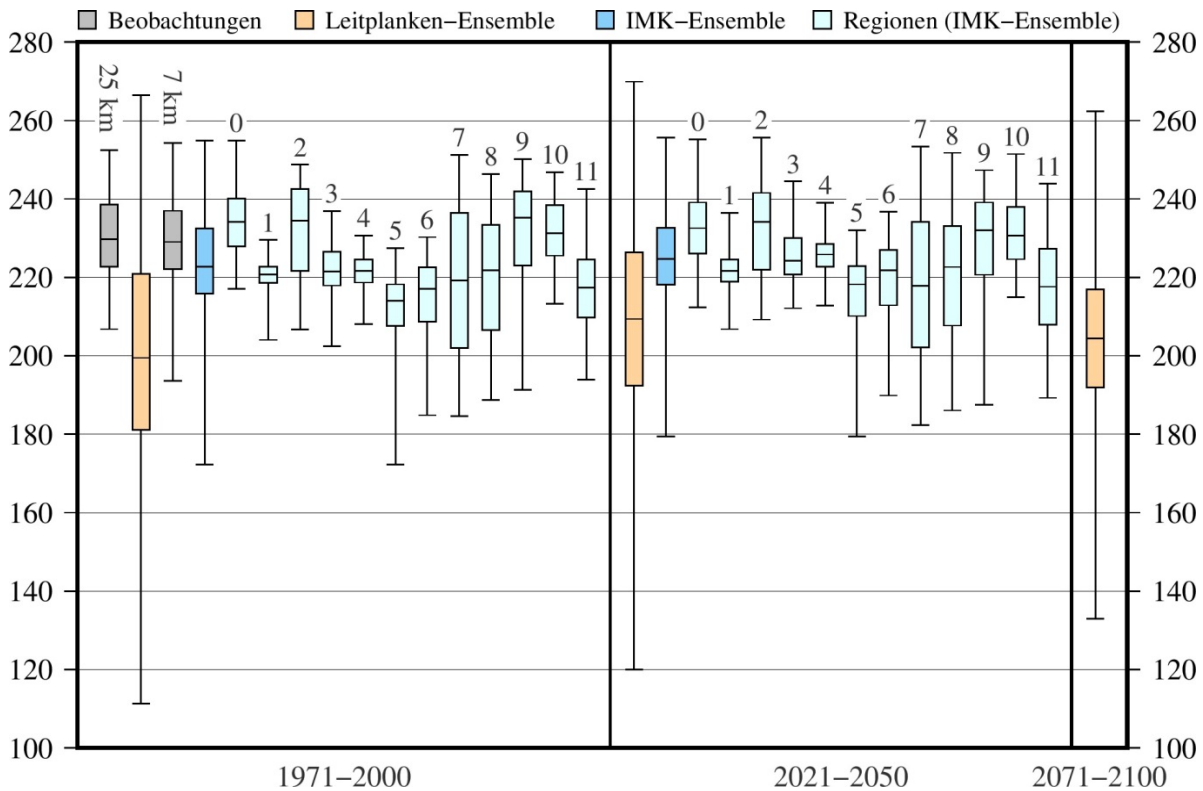


Abbildung 148: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Spazierwetter)

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Definition

Wert des 99,9. und 99,99. Perzentils des stündlichen Niederschlags

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

Vor allem in Kommunen sind Starkniederschläge ein Witterungsereignis, 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 Kosten für Versicherungen (vergleiche auch Klimakenngröße „Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm bzw. > 40 mm“ → Kapitel 4.3.37).

Anpassungsmaßnahmen können sein, dass Straßen wasserführend werden, sodass Kellereingänge verschlossen werden sollten, Eingänge nicht mehr tiefer liegen dürften, Heizungssysteme nicht im Keller sein sollten etc.

Klimatologie

Die Modellberechnungen zeigen für Baden-Württemberg im Kontrollzeitraum 1971-2000, dass der Wert des 99,9. Perzentils des Niederschlags (entspricht etwa den jeweils zwei niederschlagsreichsten Stunden eines Jahres) zwischen 7 bis 8 mm in den meisten Regionen, wie Hochrhein-Bodensee, Bodensee-Oberschwaben, Schwarzwald-Baar-Heuberg, Ostwürttemberg, 8 bis 9 mm in den Regionen Stuttgart und Mittlerer Oberrhein und bis zu 11 mm in den Regionen Südlicher Oberrhein und Hochrhein-Bodensee an der Westflanke des Schwarzwaldes. Der Wert des 99,99. Perzentils des Niederschlags (entspricht der niederschlagsreichsten Stunde in 5 Jahren) liegt um 15 mm in der Südwesthälfte des Landes und bis zu 20 mm an der Westflanke des Schwarzwaldes.

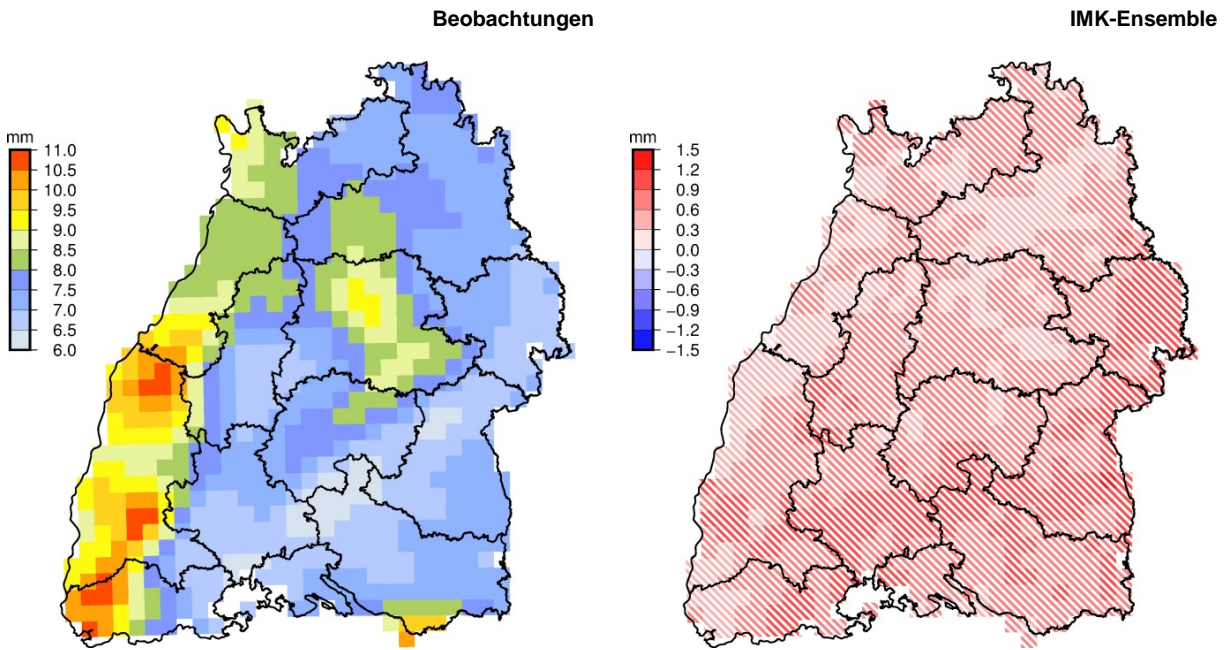
Für die Zukunft (2021-2050) wird für den Wert des 99,9. Perzentils des stündlichen Niederschlags zwar eine leichte Zunahme in der durchschnittlichen Niederschlagsintensität der stärksten stündlichen Niederschläge erwartet, diese ist allerdings im ganzen Land statistisch nicht signifikant. Gleiches gilt für den Wert des 99,99. Perzentils des stündlichen Niederschlags.

Für diese Klimakenngröße liegen keine Daten des Leitplanken-Ensembles vor.

Sensitivitätsampel**Wirtschaft/Energiewirtschaft (Versicherungswirtschaft)**

„Die Klimakenngrößen werden in der Versicherungswirtschaft nicht direkt zur Steuerung verwendet. Diese spielen nur indirekt eine Rolle; deshalb bin ich nicht in der Lage den Effekt zu quantifizieren.“ (Experteneinschätzung)

Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr)

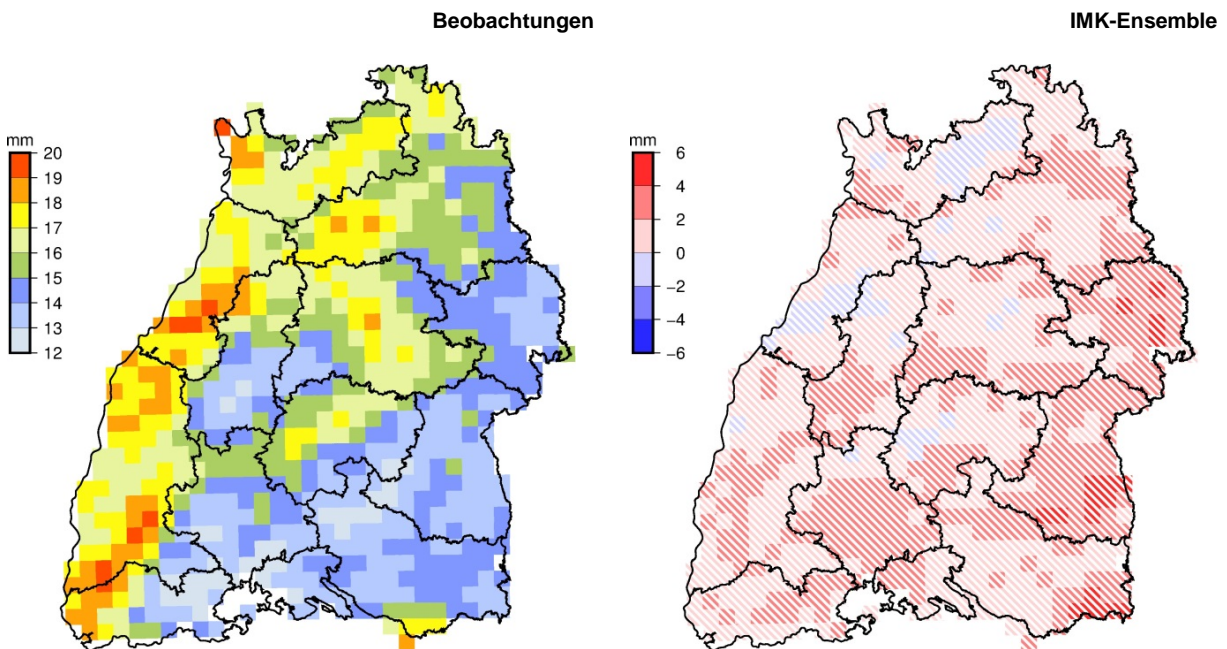


Für diese Klimakenngroße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 149: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr)“

Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren)



Für diese Klimakenngroße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 150: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren)“

Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr)

Tabelle 52: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	5.1	6.9	7.6	8.4	12.4
IMK-Ensemble	2021-2050	5.6	7.7	8.3	9.2	13.8

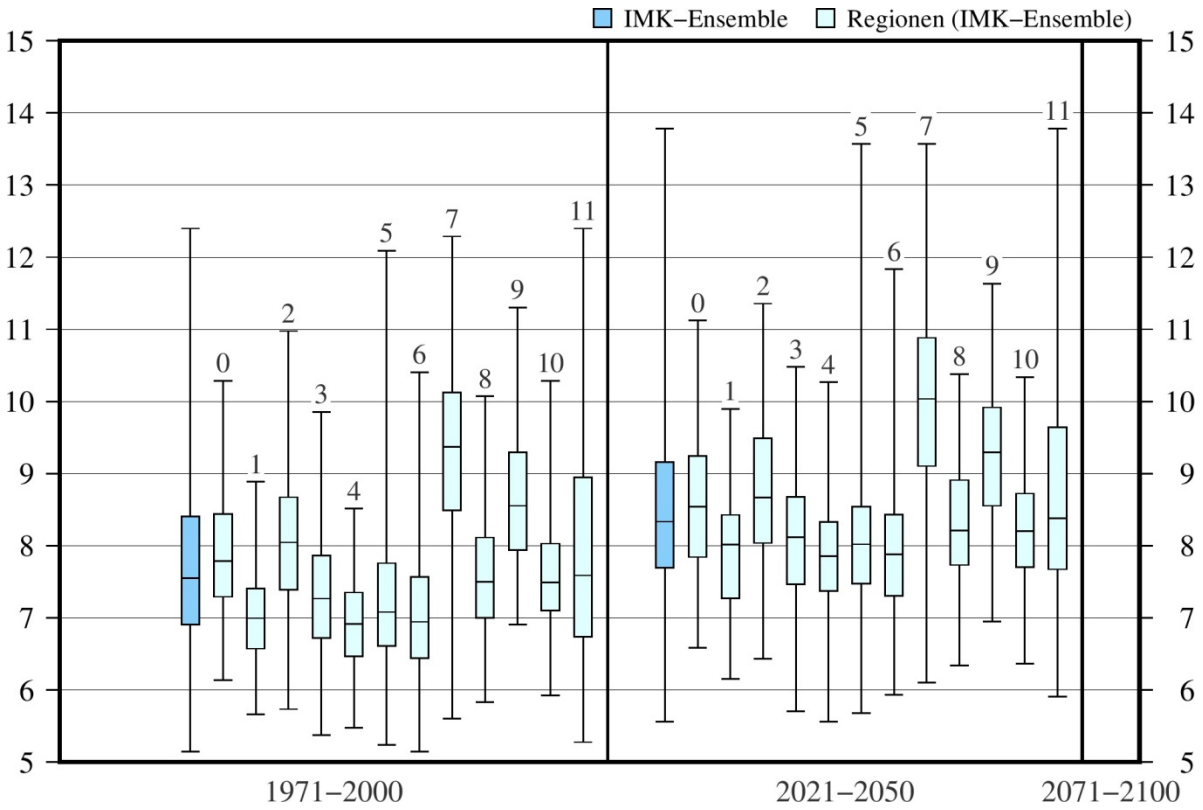


Abbildung 151: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr))

Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren)

Tabelle 53: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	8.3	13.4	15.2	17.1	30.3
IMK-Ensemble	2021-2050	8.8	15.1	17.1	19.1	40.8

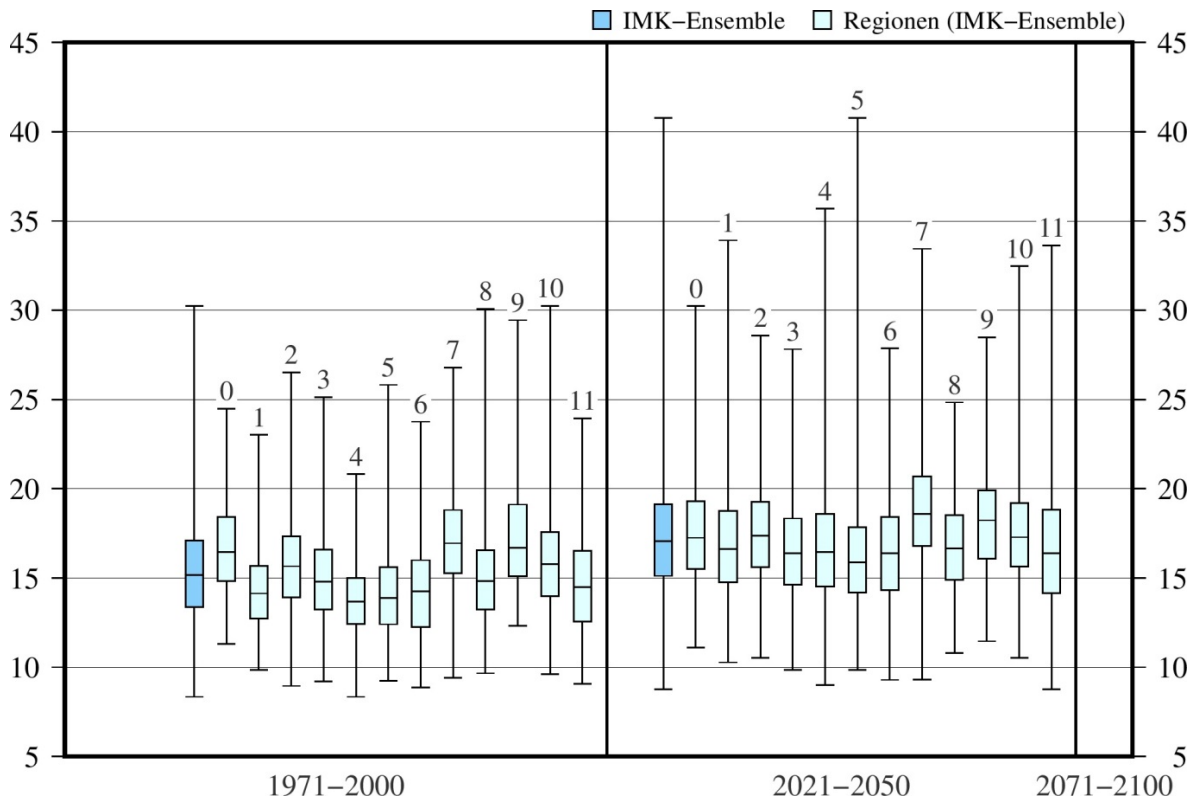


Abbildung 152: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren))

Definition

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm bzw. > 40 mm

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

Vor allem in Kommunen sind Starkniederschläge ein Witterungsereignis, 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 Kosten für Versicherungen (vergleiche auch Klimakenngröße „Stündlicher Niederschlag (Extreme)“ → Kapitel 4.3.36).

Anpassungsmaßnahmen können sein, dass Straßen wasserführend werden, sodass Kellereingänge verschlossen werden sollten, Eingänge nicht mehr tiefer liegen dürften, Heizungssysteme nicht im Keller sein sollten etc.

Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) wurden in Baden-Württemberg durchschnittlich zwischen 0 und 12 Starkniederschlagstage mit einer Niederschlagssumme > 25 mm beobachtet, die meisten in den höheren Lagen von Schwarzwald und Allgäu. Die jährliche Zahl der Tage mit einer Niederschlagssumme > 40 mm lag im Kontrollzeitraum in den meisten Gebieten Baden-Württembergs zwischen 0 und 1. Nur in den Höhenlagen von Schwarzwald und Allgäu traten bis zu 3 Tage mit solchen Niederschlagssummen auf.

Die Klimamodelle geben die Beobachtungen gut wieder.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, v. a. IMK-Ensemble, Leitplanken-Ensemble oft statistisch nicht signifikante Änderungen) wird eine Zunahme der jährlichen Zahl an Starkniederschlagstagen > 25 mm erwartet, in den meisten Teilen Baden-Württembergs um 0,4 bis 0,8 Tage, im Schwarzwald und im Allgäu bis zu 1,6 Tagen pro Jahr. Für Starkniederschlagstage mit mehr als 40 mm Niederschlag an einem Tag werden ebenfalls Zunahmen erwartet. In den meisten Gebieten betragen die erwarteten Zunahmen zwischen 0 und 0,4 Tage pro Jahr, im Schwarzwald bis zu 1,6 Tage pro Jahr. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine geringe Zunahme projiziert.

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm

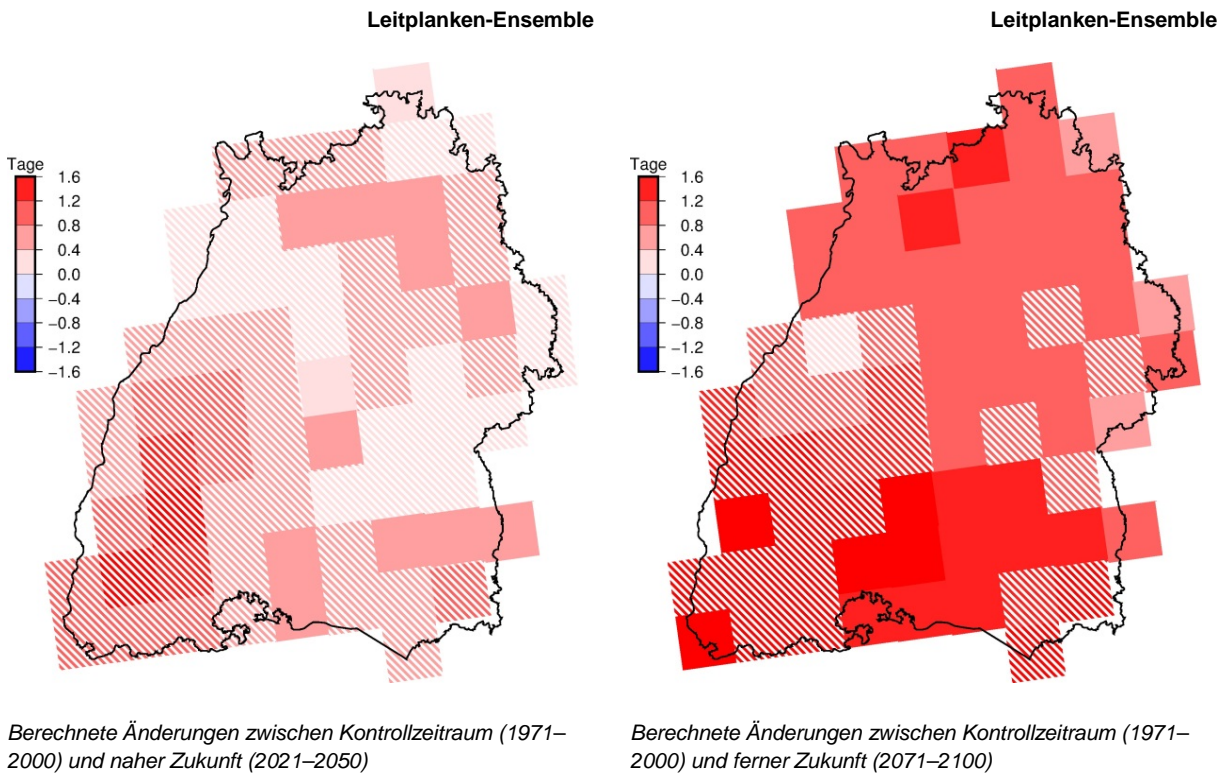
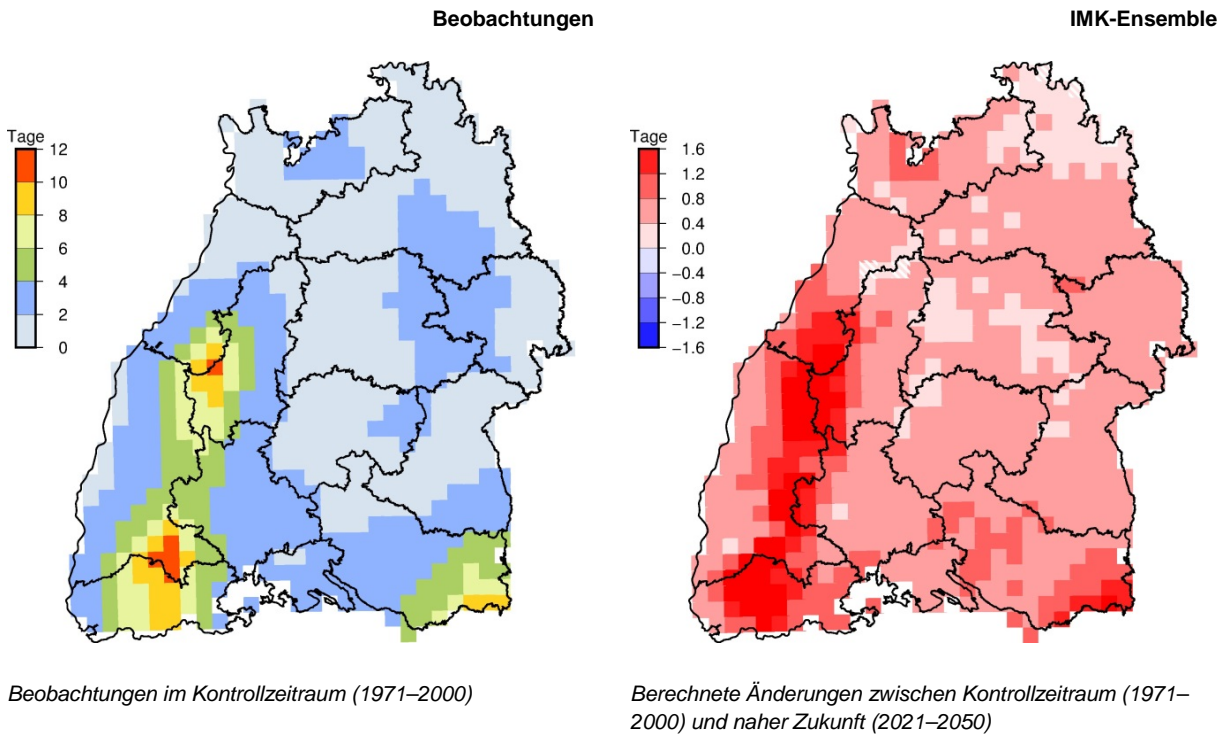


Abbildung 153: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm“

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm

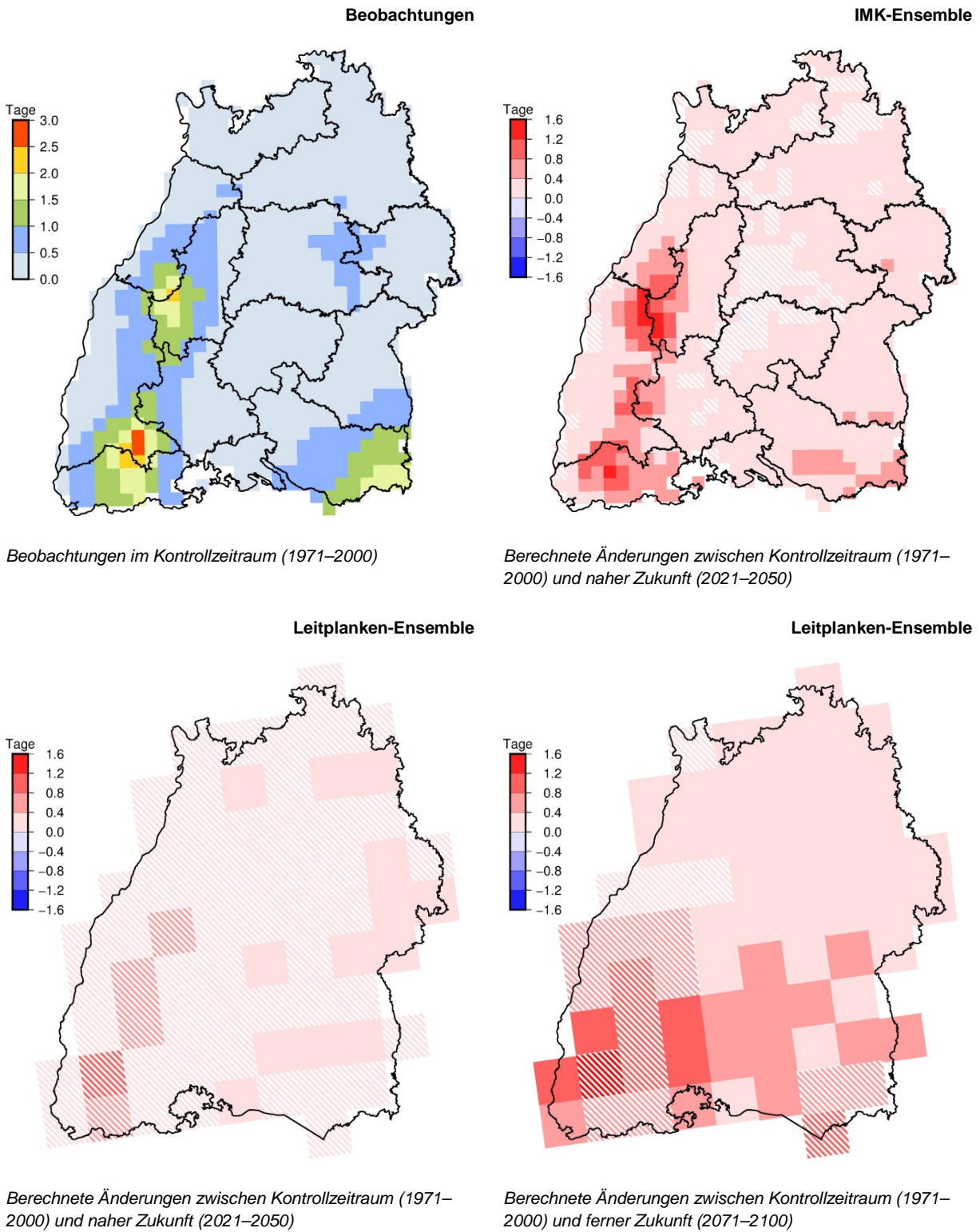


Abbildung 154: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm“

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm

Tabelle 54: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.9	1.7	2.0	2.9	8.9
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.3	1.8	2.5	4.0	45.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.8	1.7	2.1	3.1	11.6
IMK-Ensemble	1971-2000	0.9	2.1	2.8	4.2	20.4
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.6	2.2	2.9	4.6	45.8
IMK-Ensemble	2021-2050	1.0	2.6	3.4	4.9	24.7
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	1.1	2.6	3.7	5.6	48.6

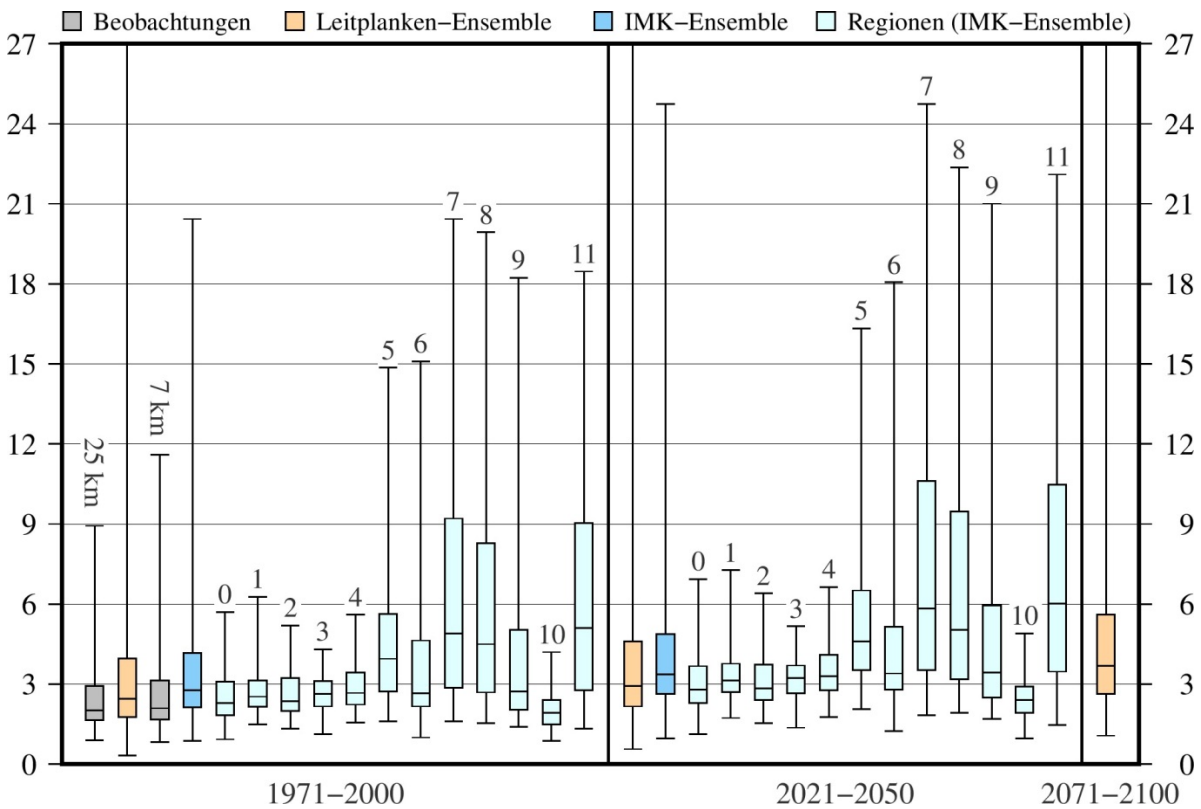


Abbildung 155: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm)

Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm

Tabelle 55: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Niederschlagssumme > 40 mm)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.1	0.3	0.4	0.5	1.9
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.2	0.4	0.7	18.6
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.1	0.3	0.4	0.6	2.9
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.3	0.5	0.8	7.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.3	0.5	0.8	18.5
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.4	0.7	1.1	8.8
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.1	0.5	0.7	1.2	21.1

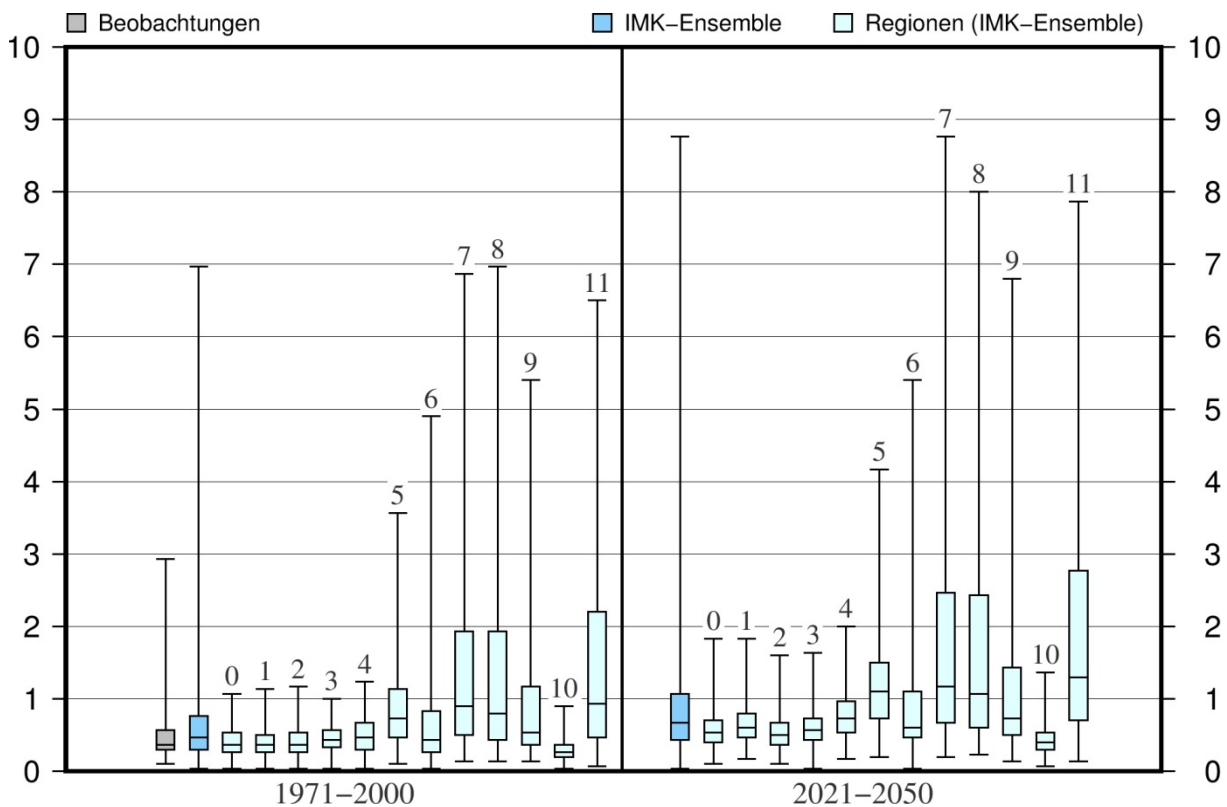


Abbildung 156: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm)

Sensitivitätsampel
Stadt- und Raumplanung

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Kanton Basel-Stadt	grün	+10 %	Keine Angabe	„Maßnahmen im Bereich Oberflächenwasserabfluss sind in der Gemeinde Riehen und Bettingen bereits heute geplant: Verbesserung der Abflussmöglichkeit in Kanalisation (Doleneinlauf) und Verbesserung der Retention der anliegenden Landwirtschaftsflächen durch geeigneteren landwirtschaftlichen Anbau. Die prognostizierte Veränderung ist jedoch relativ geringfügig wodurch sich die Situation kaum ändert.“ (Experteneinschätzung)
Karlsruhe	gelb	„unsicher; ein starkes Einzelereignis reicht aus“	„unsicher; ein starkes Einzelereignis reicht aus“	„Ähnlich wie bei Hochwasserereignissen ist die Vorhersage schwierig. Die Stadt beschäftigt sich jedoch seit geraumer Zeit mit den Folgen zunehmender Starkregenereignisse und möglichen Anpassungsmaßnahmen. Die Bemessung der öffentlichen Entwässerungsanlagen ist derzeit ausreichend. Gefährdungsanalyse und Monitoring finden jedoch statt. Ein Übergang von gelb in rot würde aller Voraussicht erst nach einem entsprechenden Starkregenereignis mit erheblichen Schäden erfolgen. Da bereits heute das Thema multifunktionale Flächennutzung mitgedacht wird, wären erweiternde Maßnahmen im Einzelfall zu prüfen. Ein Übergang von gelb in grün ist unrealistisch und hätte zudem keine Auswirkungen.“ (Experteneinschätzung)

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Esslingen, für einzelne Stadtteile, für einzelne Regionen	grün	+10%	Keine Angabe	„Bei einer Änderung nach ‚gelb‘: Entsiegelung, Schaffung von Retentionsflächen, Maßnahmen bei der Regenwasserbehandlung, Ausbildung von Straßenquerschnitten zur schadlosen Abführung (Hanglagen) und Rückhaltung (Tallagen) von Regenwasser. Ausbildung von Grünflächen zur schadlosen Abführung (Hanglagen) und Rückhaltung (Tallagen) von Regenwasser.“ (Experteneinschätzung)
Region Stuttgart, vermutlich sind Kurzzeitereignisse häufiger, aber schwer abzubilden, grün müsste eigentlich 0 Ereignisse sein	Rot	0 Ereignisse	1 Ereignis	„Wir passen uns aktuell bereits massiv an, z.B. Bau von Regenrückhaltebecken“ (Experteneinschätzung)
Stuttgart	Rot	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe
Südlicher Oberrhein	gelb	Halb so viele	50% mehr	Keine Angabe
Rhein-Neckar	Grün	Keine Angabe	Keine Angabe	Keine Angabe

Die vielen unterschiedlichen Angaben zur Sensitivitätsampel bei der Stadt- und Raumplanung erlauben keine eindeutige Kartendarstellung.

Versicherungswirtschaft

„Die Klimakenngrößen werden in der Versicherungswirtschaft nicht direkt zur Steuerung verwendet. Diese spielen nur indirekt eine Rolle; deshalb bin ich nicht in der Lage den Effekt zu quantifizieren.“ (Experteneinschätzung)

DefinitionTage 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

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.

Tourismus (Hotelgewerbe, Wintersporttourismus)

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. Vor allem das Wellnessangebot ist deswegen in den letzten Jahren sehr gewachsen, viele Hotels, die die Entwicklung des Klimas mit schneeärmeren/wärmeren Wintern beobachtet haben, haben Angebote ausgebaut, zahlreiche Wellness-Hotels sind im Schwarzwald entstanden. Eine Veränderung des Marktes in den letzten Jahren und Jahrzehnten ist zu beobachten. Das ist zu einem erheblichen Teil auf die Winter-Witterung zurückzuführen, natürlich aber auch auf den generellen Trend von Wellness. 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.

Neben der Schneebedeckung spielt auch die Schneehöhe eine Rolle. Für den Wandertourismus ist eine dünne Schicht Schnee ausreichend für eine ansprechende, weiße Landschaft. Skifahrer hingegen brauchen eine Schneedecke von ca. 40 – 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 verlöre, könnte er nicht mehr mit anderen Regionen mit Wintersportmöglichkeiten konkurrieren.

WETTER

Es taut fast überall: Sturm und Regen zum ersten Advent

27. November 2015 - 15:08 Uhr

Offenbach (dpa) - Schnee zum ersten Advent - bleibt in diesem Jahr nur im höheren Bergland liegen. Zwar erwarten die Meteorologen des Deutschen Wetterdienstes für den Samstag noch Schneefälle teilweise bis in die Täler hinab, die weiße Pracht taut aber bis zum Sonntag fast überall weg.

In vielen Wintersportgebieten müssen daher bereits zum Beginn der Wintersport-Saison Schneekanonen eingesetzt werden.

Quelle: [www.zeit.de](http://pdf.zeit.de/news/2015-11/27/wetter-estaut-fast-ueberall-sturm-und-regen-zum-ersten-advent-27150804.pdf) (http://pdf.zeit.de/news/2015-11/27/wetter-estaut-fast-ueberall-sturm-und-regen-zum-ersten-advent-27150804.pdf; Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Tage mit Schneebedeckung

Im Schwarzwald gab es im Kontrollzeitraum (1971-2000) pro Jahr etwa 20 bis (in den höchsten Lagen) 100 Tage mit Schneebedeckung. Diese Zahlen kommen mit Expertenerfahrungen 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 Zukunft (2021-2050) werden im Schwarzwald zwischen 5 und 25 Tage pro Jahr weniger mit Schneebedeckung erwartet.

Regnerische Wintertage

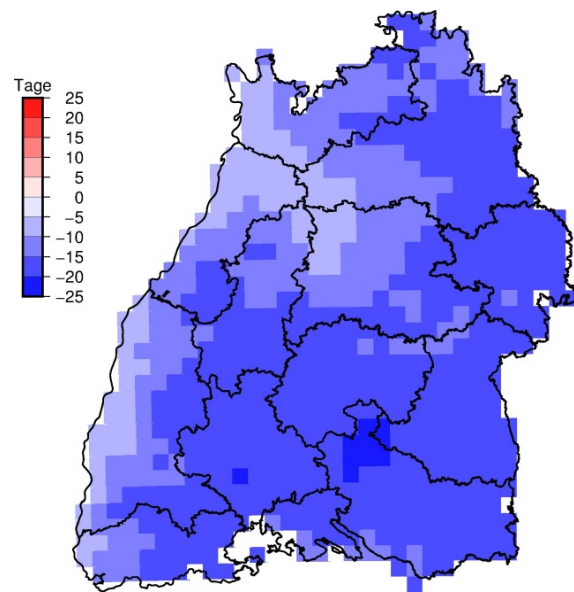
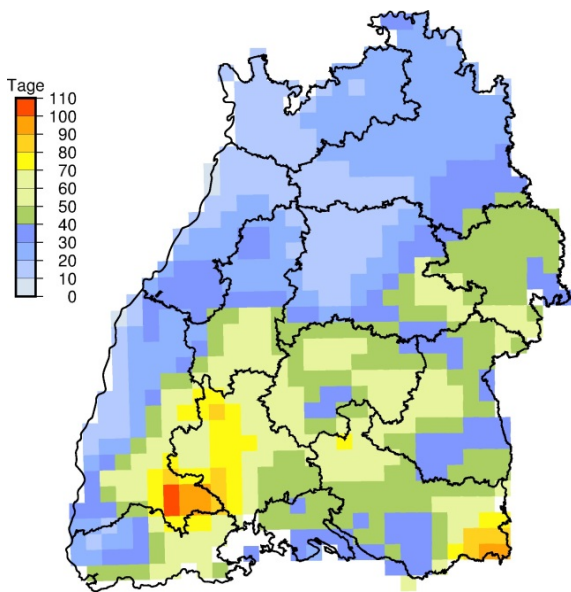
Im Kontrollzeitraum (1971-2000) wurden im Schwarzwald durchschnittlich zwischen 30 und 55 Regentage in der Periode zwischen November und März beobachtet, wobei die Zahl mit der Höhenlage steigt und die Maximalwerte entsprechend rund um Feldberg im Südschwarzwald und Hornisgrinde im Nordschwarzwald auftreten, wo im Jahr ohnehin die meisten Niederschläge auftreten. In Zukunft (2021-2050) wird eine Zunahme um bis zu neun Tage im Schwarzwald erwartet.

Zu beachten bleibt die Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr.

Tage mit Schneebedeckung

Beobachtungen

IMK-Ensemble

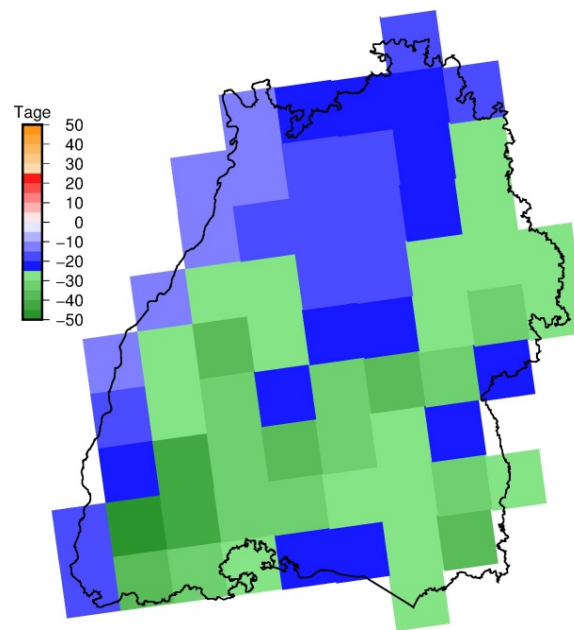
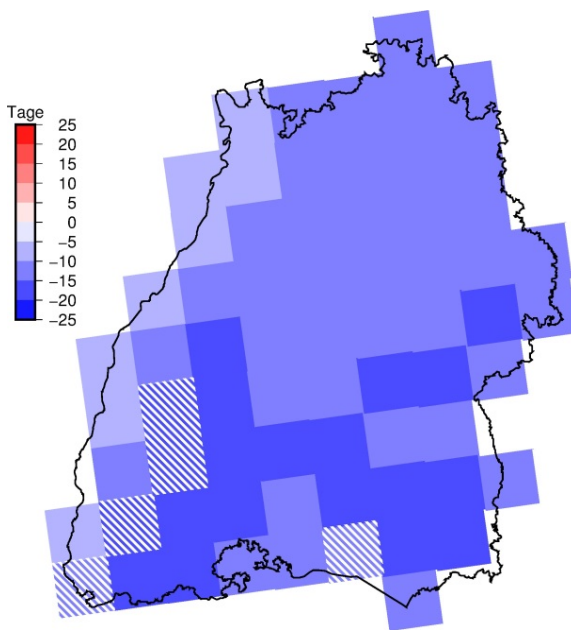


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



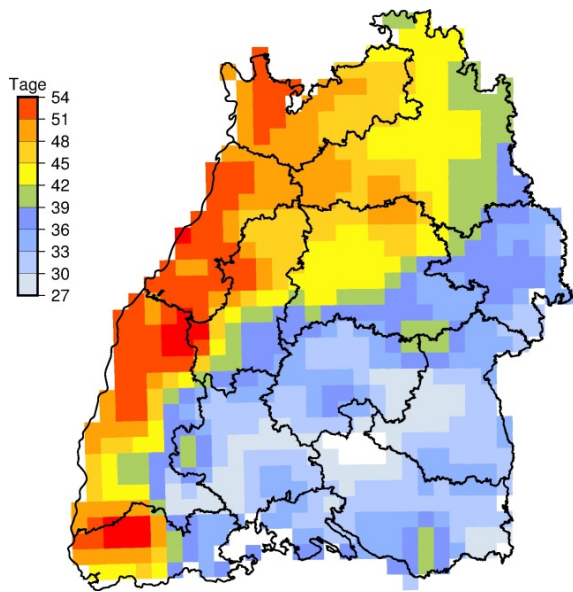
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 157: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Tage mit Schneebedeckung“

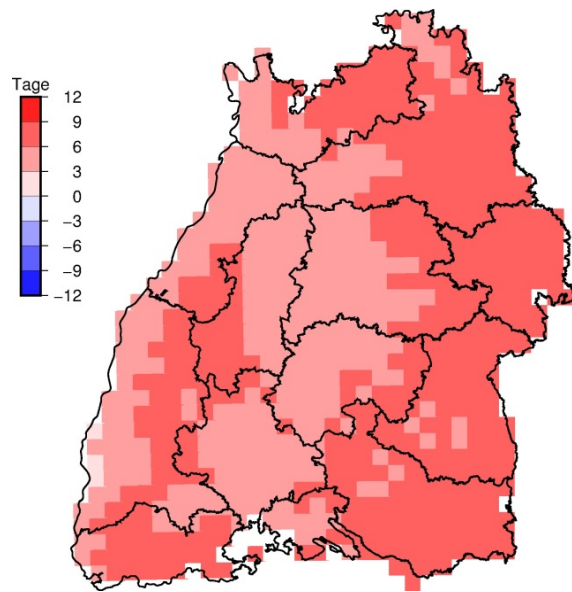
Regnerische Wintertage

Beobachtungen

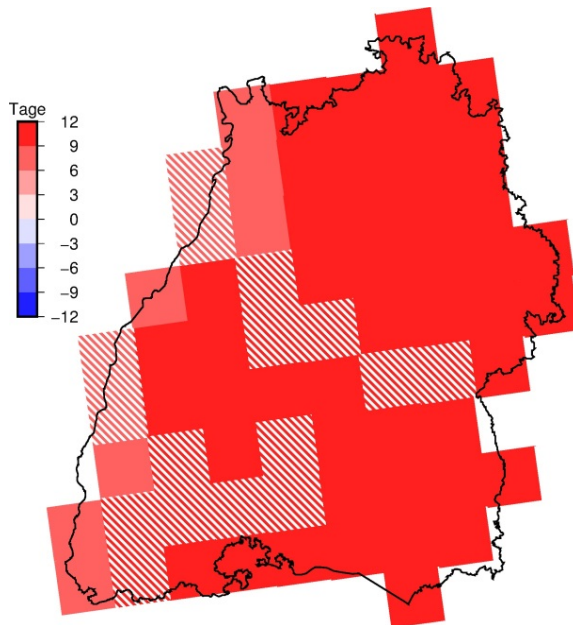


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

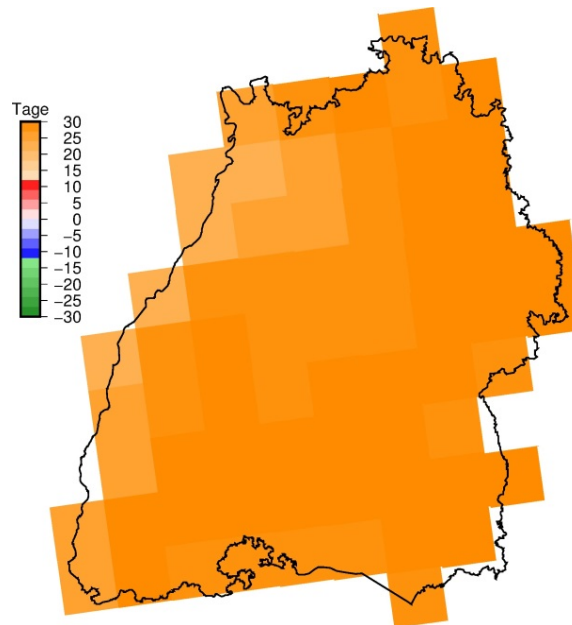
IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 158: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Regnerische Wintertage“

Tabelle 56: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Schneebedeckung)

Datensatz	Periode	Minimum	25%-Perz.	Median	75%-Perz.	Maximum
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	10.4	23.1	37.8	48.7	94.6
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	6.3	25.4	39.9	55.0	120.9
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	8.8	24.1	38.9	50.3	107.3
IMK-Ensemble	1971-2000	11.8	42.1	58.5	71.1	123.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	2.6	16.6	26.9	37.7	90.4
IMK-Ensemble	2021-2050	4.7	28.2	42.4	53.8	108.8
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	1.1	8.2	14.0	21.5	66.4

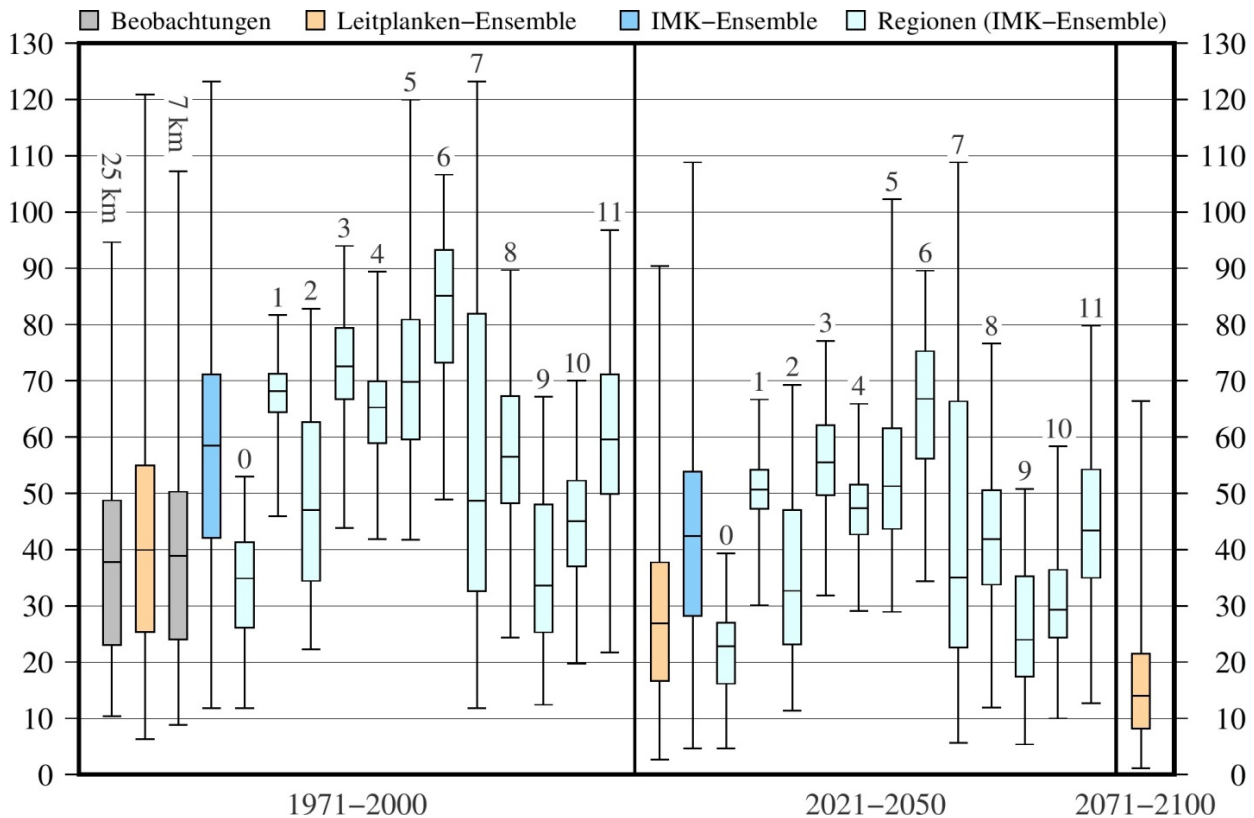


Abbildung 159: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Schneebedeckung)

Tabelle 57: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Regnerische Wintertage)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	28.5	33.5	39.5	48.0	53.9
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	18.2	36.1	45.1	58.3	78.4
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	31.7	41.1	46.5	52.6	63.1
IMK-Ensemble	1971-2000	17.9	32.6	39.2	45.8	59.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	22.6	46.7	55.5	67.8	89.2
IMK-Ensemble	2021-2050	22.7	38.5	44.4	50.5	68.2
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	47.1	67.6	75.6	87.3	98.8

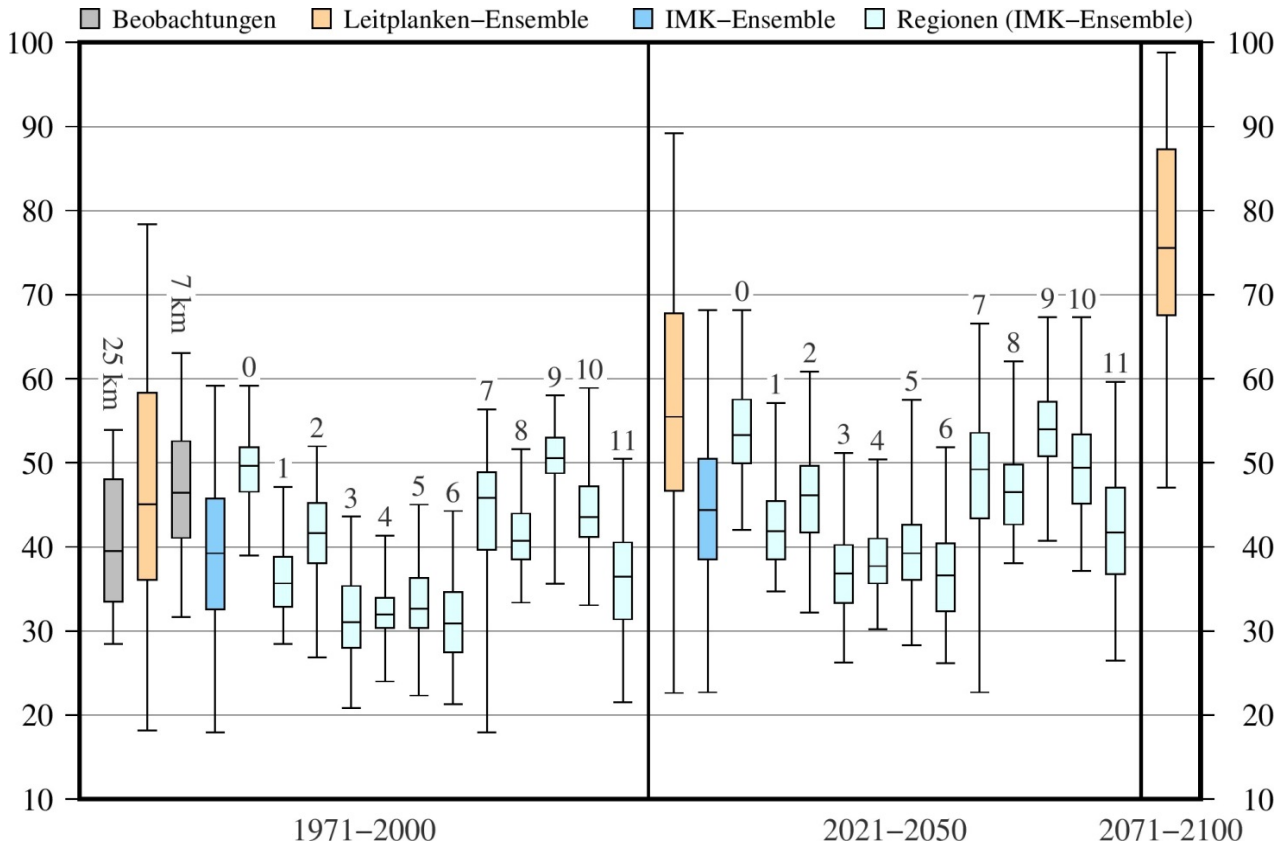


Abbildung 160: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Regnerische Wintertage)

Definition

Anzahl Tage pro Jahr mit einem Temperaturmittelwert über 5 °C

Naturschutz und Biodiversität (Naturschutz, Moorschutz)

Die Vegetationsperiode und die Anzahl der Tage, an denen die Vegetation wachsen kann, sind entscheidend für die Zusammensetzung und Entwicklung von Ökosystemen. Eine Verlängerung der Vegetationsperiode hat für manche Arten positive, für manche negative Auswirkungen. Sie ist für Moore von Nachteil. Das hat damit zu tun, dass Moore von Natur aus eher kühle Lebensräume sind (Kaltluftmulden, sich nur langsam erwärmender Boden mit gehäuften Nachtfrösten auch während der Vegetationsperiode). Die an diese Verhältnisse angepasste Pflanzenwelt kann bei Klimaerwärmung von wärmeliebenden Arten verdrängt werden. Gehölze, die sich in Mooren ansiedeln, wachsen bei verlängerter Vegetationsperiode schneller. Die Verbuschung und Verwaldung offener Moore nimmt zu. Damit steigt auch der Aufwand für den Naturschutz, diese Moore gehölzfrei zu halten und damit die spezifischen, seltenen Ökosysteme und Arten zu erhalten.

Wald und Forstwirtschaft (Waldarbeiten)

In der Wald und Forstwirtschaft führt die Verlängerung der Vegetationsperiode im Herbst zu längerer Belaubung und längerem „im Saft stehen“ bei den Bäumen. Die Holzarbeit kann in der Folge erst später beginnen (in der Vegetationsruhezeit) und darf nur kürzer durchgeführt werden, da auch die Amphibienwanderung früher beginnt, durch die sie eingeschränkt wird. Das Zeitfenster für Waldarbeit wird kürzer durch Vorgaben im Naturschutz und der Arbeitssicherheit. Demnach darf nur gefällt werden, wenn die Kronen gut sichtbar (sprich unbelaubt) sind. Bei einer deutlichen Verkürzung des Zeitraums für Waldarbeiten wäre von der Forstverwaltung die Vergabe von mehr Unternehmeraufträgen nötig, um in der verbleibenden Zeit mehr Holz zu ernten.

Gleichzeitig wirkt eine Verlängerung der Vegetationsperiode auf den jährlichen Zuwachs bei Bäumen. Dieser war bis vor einigen Jahren stetig ansteigend, geht seitdem leicht zurück, wahrscheinlich durch rückläufige Stickstoffeinträge. Auch die Fruktifizierung der Bäume ist abhängig vom Temperaturverlauf: Die Buche hat vor 30 Jahren etwa alle 3-4 Jahre fruktifiziert, inzwischen hat sie fast jedes Jahr Blüten; die Eiche früher alle etwa 6 Jahre, inzwischen alle 3-4 Jahre.

Landwirtschaft (Obstbau)

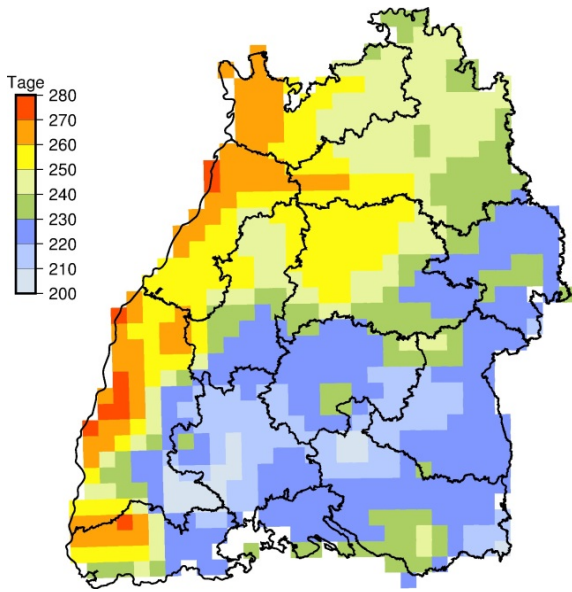
Bei einer längeren Vegetationsperiode können sich auch die Anbauzonen für bestimmte Kulturen (z. B. Obst-, Wein-, Spargelbaugebiete) in Baden-Württemberg verschieben.

Klimatologie

Die durchschnittliche Zahl der Tage pro Jahr, an denen die Vegetation wachsen kann, lag im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich zwischen 200 und 220 in den höheren Lagen von Schwarzwald und Schwäbischer Alb und zwischen 260 und 280 entlang des Rheins. Die Klimamodelle geben die Beobachtungen recht gut wieder.

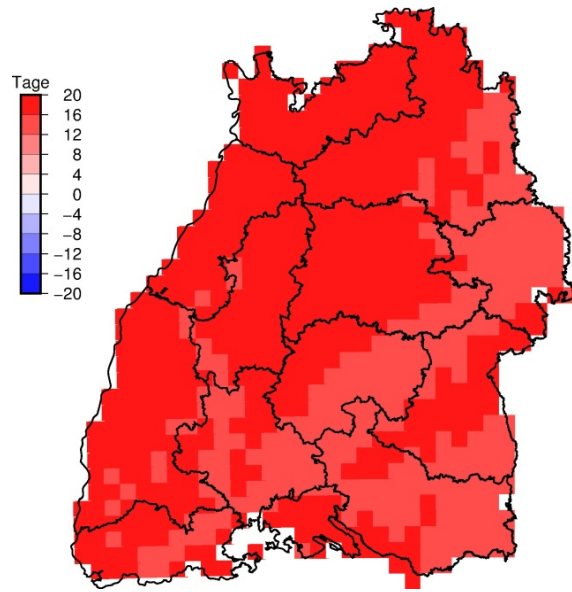
Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) wird aus den Berechnungen der Klimamodelle für ganz Baden-Württemberg eine Zunahme um 12 bis 20 Tage erwartet. Die Änderung ist dabei in allen Regionen ähnlich, ebenso wie die Spannbreite der Werte in den einzelnen Regionen. Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden durchschnittlich 40 bis 60 Tage pro Jahr mit einem Temperaturmittelwert über 5 °C mehr als im Kontrollzeitraum erwartet.

Beobachtungen



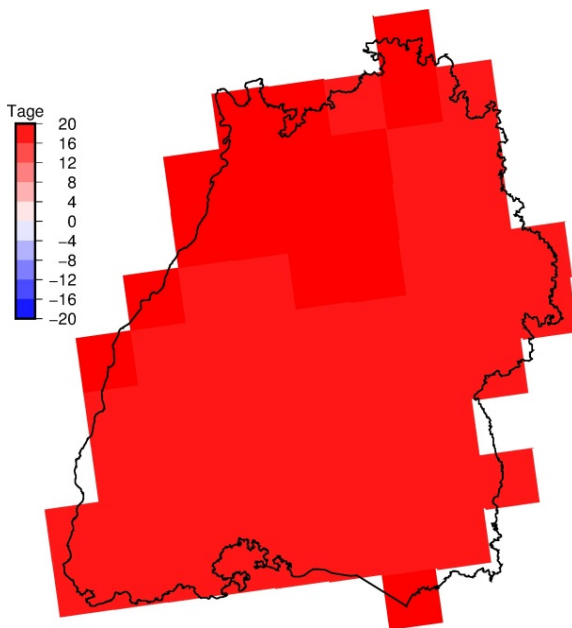
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



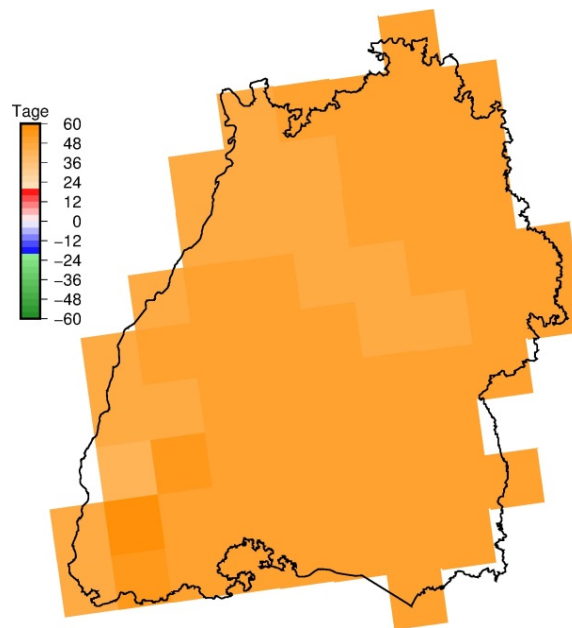
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 161: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C“

Tabelle 58: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	206	225	237	250	272
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	180	224	237	252	284
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	201	225	235	251	273
IMK-Ensemble	1971-2000	171	220	232	247	274
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	207	243	256	272	301
IMK-Ensemble	2021-2050	187	236	249	265	299
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	228	275	287	300	329

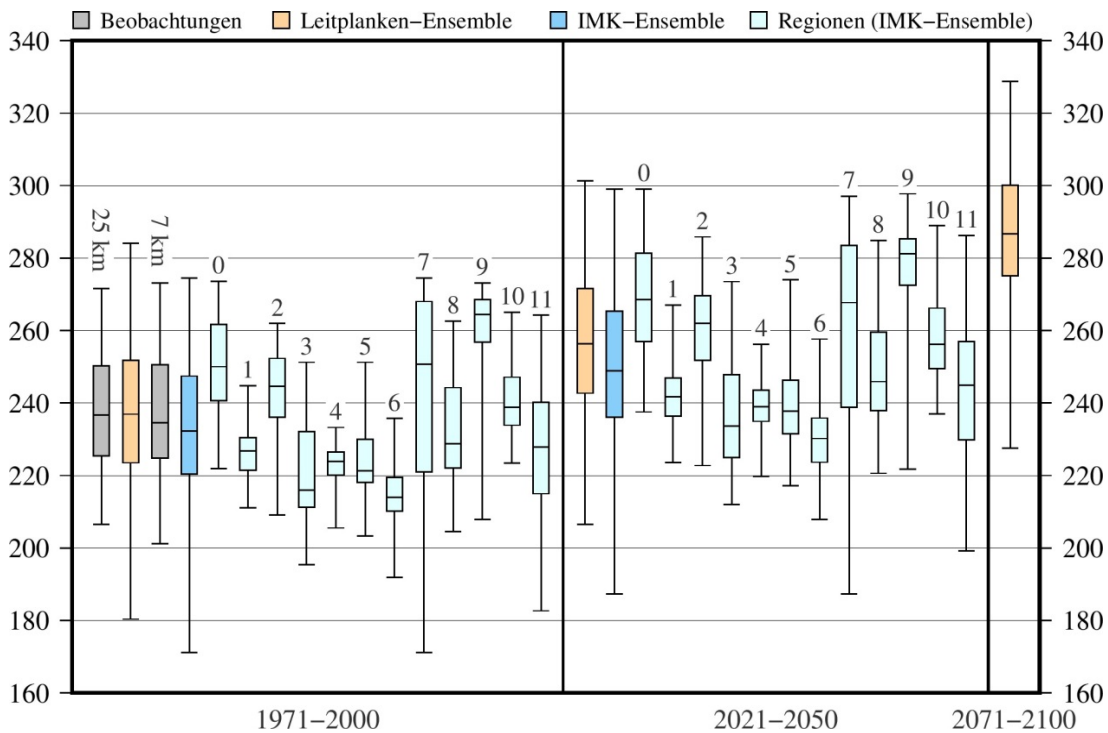


Abbildung 162: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C)

Sensitivitätsampel

Naturschutz und Biodiversität

Um die Moore mit ihrer Biodiversität zu erhalten, werden die Grasflächen regelmäßig gemäht (einmal pro 2 bis 3 Jahre). Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode kommen folgende Schwierigkeiten hinzu:

- Die Gehölze (vor allem Weiden) haben mehr Zeit zum Wachsen. Anstatt 30 bis 40 cm pro Jahr wachsen sie teilweise mehr als 1 Meter pro Jahr und besiedeln die Moorflächen schneller.
- Da die Gehölze schnell dick werden, kann nicht mehr mit einer Motorsense gemäht werden, sondern muss ein Spezialtraktor eingesetzt werden.

Das schnelle Wachstum der Gehölze sorgt dafür, dass öfter gemäht werden muss (anstatt einmal pro 2 bis 3 Jahre, jetzt einmal im Jahr). Das hat Folgen für den Personaleinsatz und somit letztendlich für die Kosten.

Wald und Forstwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Mittlerer Oberrhein	gelb	Keine Angabe	+20 %	„Verkürzung der Vegetationsruhe verkürzt Zeitfenster für forstliche Arbeiten im Wald (z. B. Holzernte); zusätzliche Arbeitskapazitäten z. B. durch Unternehmereinsatz um die Forstarbeiten in kürzerem Zeitraum durchführen zu können.“ (Experteneinschätzung)

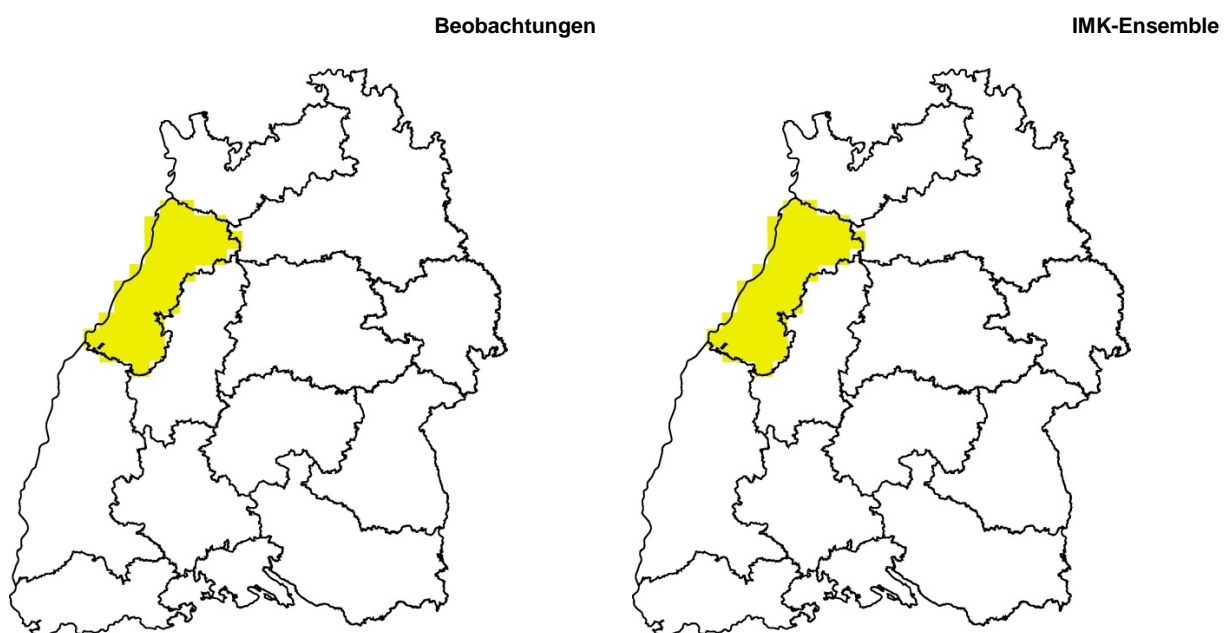
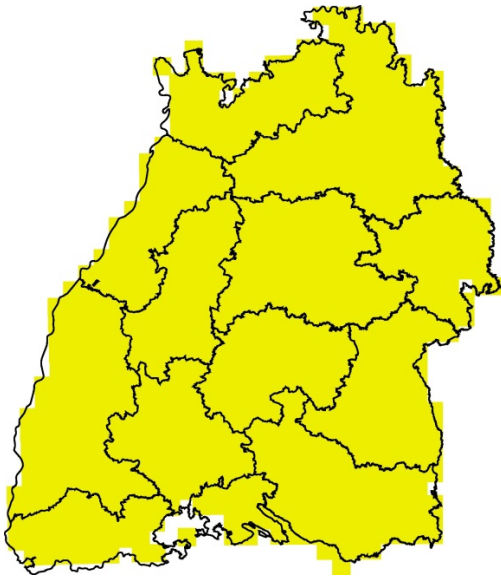


Abbildung 163: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C (Wald und Forstwirtschaft)“

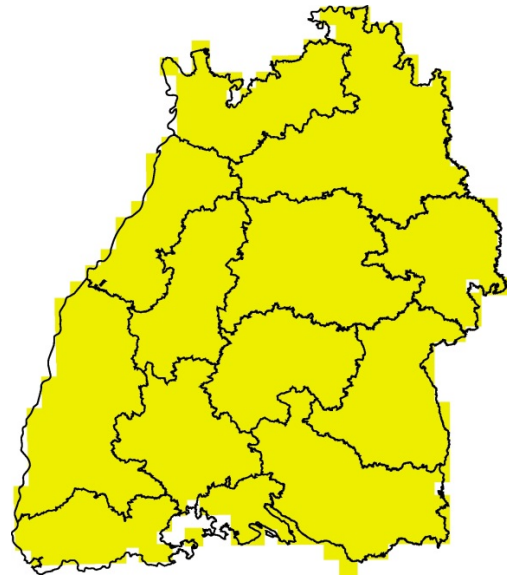
Landwirtschaft (Obstbau)

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg	gelb	+10 %	Keine Angabe	„Längere Vegetationsperiode geht einher mit: die Landwirtschaft kann mehr Grasschnitte durchführen, Gemüsebau mehr Sätze im Freiland, wärmebedürftigere Kulturen (Pfirsich und Aprikose) reifen besser ab, vorausgesetzt, Wasser ist natürlicherweise oder durch Bewässerung verfügbar.“ (Experten-einschätzung)

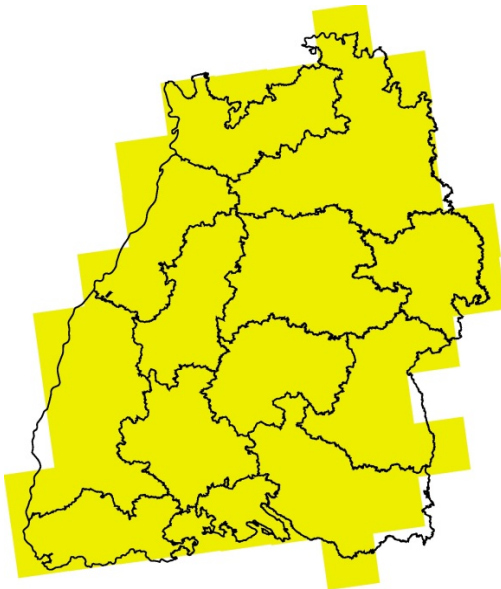
Beobachtungen (1971 - 2000)



IMK-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2021 - 2050)



Leitplanken-Ensemble (2071 - 2100)

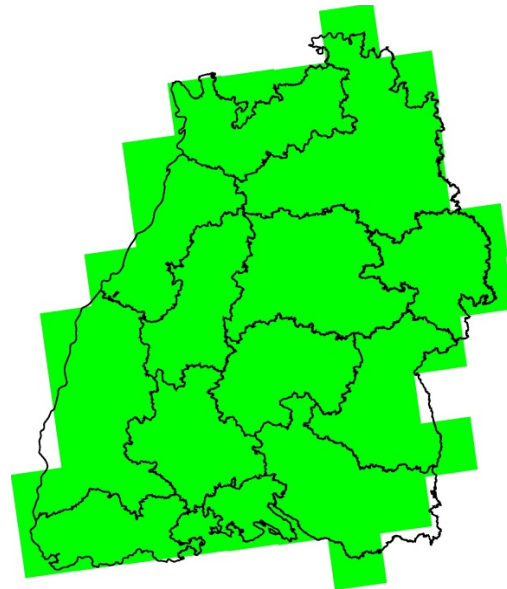


Abbildung 164: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C (Obstbau)“

Definition

Eine Temperaturabnahme von 4 K (entspricht zahlenmäßig 4 °C) und eine Luftdruckänderung von 6 hPa zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen

Gesundheit (Krankenhäuser)

Die Zahl von Patienten, die wegen Herzinfarkten ins Krankenhaus eingeliefert werden, lässt sich teilweise mit dem Wetter in Verbindung bringen. Vor allem bei Temperaturschwankungen in Richtung Kälte steigt die Zahl der Herzinfarkte und auch der Sterberate (Studie für die USA: Schwartz, 2015). Allerdings kann die Temperatur nicht als einziger Indikator verwendet werden, auch Luftdruckwechsel, Fronten oder Änderungen der Höhenströmung spielen möglicherweise eine Rolle.

Aus Erfahrungen des Universitätsklinikums Freiburg ist die Zahl der Herzinfarkte und Notfall-Aufnahmen vor Wetterwechseln deutlich erhöht, das heißt, Tage mit sehr vielen Herzinfarkten treten meist vor einem spürbaren Wetterumschwung auf. Insgesamt sind Mortalität und Morbidität am höchsten zwischen Januar und März; und zwischen Juni und September am niedrigsten. Die Morbidität ist bei stabilen Wetterlagen gering, bei Wetterwechseln erhöht.



GESUNDHEITS-NEWS
**Temperatursturz:
 Wetterwechsel hat
 größeren Einfluss
 auf das
 Schlaganfall-Risiko**

© 11. NOVEMBER 2015

Twitter | Facebook | +1

Wetterwechsel: Temperaturstürze erhöhen Schlaganfall-Risiko
 Dass Bluthochdruck, Übergewicht oder Rauchen Faktoren sind, die das Schlaganfall-Risiko erhöhen, ist lange bekannt. Deutsche Forscher haben nun in einer Untersuchung herausgefunden, dass auch ein Wetterwechsel erheblichen Einfluss auf diese Gefahr hat. Demnach gibt es besonders nach Temperaturstürzen mehr Schlaganfälle.

Zugriff: www.heilpraxisnet.de (<http://www.heilpraxisnet.de/naturheilpraxis/temperatursturz-wetterwechsel-hat-groesseren-einfluss-auf-das-schlaganfall-risiko-2015111049236>; Zugriff: 11.11.2015)

Auf die Pflege gibt es keinen direkten Einfluss durch höhere Patientenzahlen, da die Notdienste der Krankenhäuser ausreichen, um alle Patienten aufzunehmen und zu versorgen. Bei sehr hohem Patientenaufkommen können aber Verlegungen notwendig werden, was sehr viel organisatorischem Aufwand verursacht. Auch bei unbeständigem Wetter wirkt sich hohes Patientenaufkommen personell aus. Gerade im Winter, wenn ohnehin Grippe und Erkältungen auch das Personal betreffen, kann es beim Pflegepersonal zu Engpässen kommen.

Wenn das Wetter auf die Gesundheit schlägt



Viele Menschen reagieren empfindlich auf Wetterwechsel.

Mal herrlich fröhlich warm, dann auf einmal kalt und stürmisch und plötzlich wieder klebrig schwül - die Wetterkapriolen der vergangenen Tage machen den Menschen im Norden zurzeit ordentlich zu schaffen. Viele klagen über Kreislaufprobleme, Müdigkeit, Kopfschmerzen oder machen eine Erkältung nach der anderen durch. Schmerzpatienten nehmen häufig einen

Zusammenhang zwischen ihren Beschwerden und einer Wetterverschlechterung wahr, sie leiden bei Kälte und Nässe oft stärker unter Schmerzen.

Zugriff: www.ndr.de (<http://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Gesundheitliche-Probleme-durch-Wetterwechsel,wetterwechsel101.html>;
Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Da der Zusammenhang zwischen Patientenzahlen und Wetterbedingungen nur auf Erfahrungswerten beruht, kann er für die vorliegende Klimakenngröße nicht an konkreten Zahlen festgemacht werden. Die gewählte Abgrenzung zur Quantifizierung von Wetterwechseln stellt daher nur einen ersten Ansatz dar, um die generelle Auswertbarkeit von Klimamodelldaten in Bezug auf diese Größe zu zeigen.

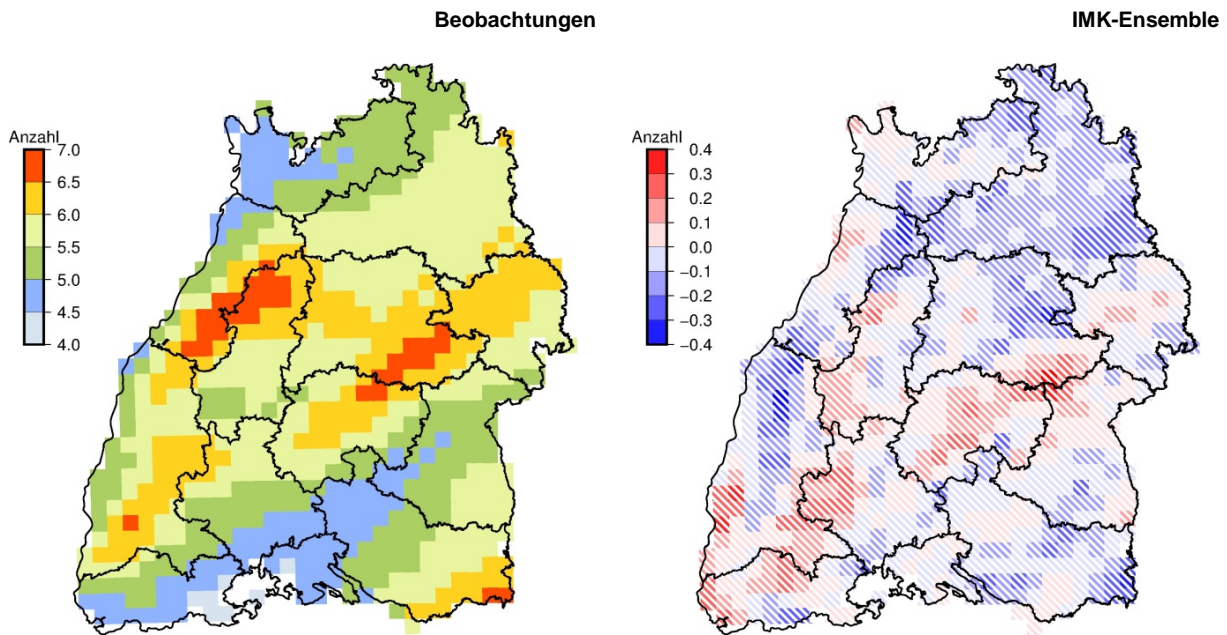
Für eine detailliertere Auswertung müssten die meteorologischen Daten konkret mit Patientenzahlen verknüpft werden, woraus sich interessante Erkenntnisse für das Handlungsfeld Gesundheit ergeben könnten.

Die Zahl der Wetterwechsel nach der gewählten Definition (Temperatur-Abnahme um 4 K und Luftdruckänderung um 6 hPa von einem Tag auf den nächsten) liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) in Baden-Württemberg zwischen 4 und 7 pro Jahr. Für die Zukunft (2021-2050) werden nach den Berechnungen der Klimamodelle zwar keine signifikanten Änderungen erwartet, allerdings nimmt die Spannweite innerhalb der einzelnen Regionen deutlich zu.

Für diese Klimakenngröße liegen keine Daten des Leitplanken-Ensembles vor.

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.



Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt. Das Ensemble umfasst aufgrund der Datenverfügbarkeit für diese Klimakenngröße fünf anstatt zwölf Modellläufe.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 165: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Tage mit Wetterwechseln“

Tabelle 59: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Wetterwechseln)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	3.6	5.1	5.6	6.1	7.5
IMK-Ensemble	2021-2050	3.1	4.6	5.7	6.5	8.4

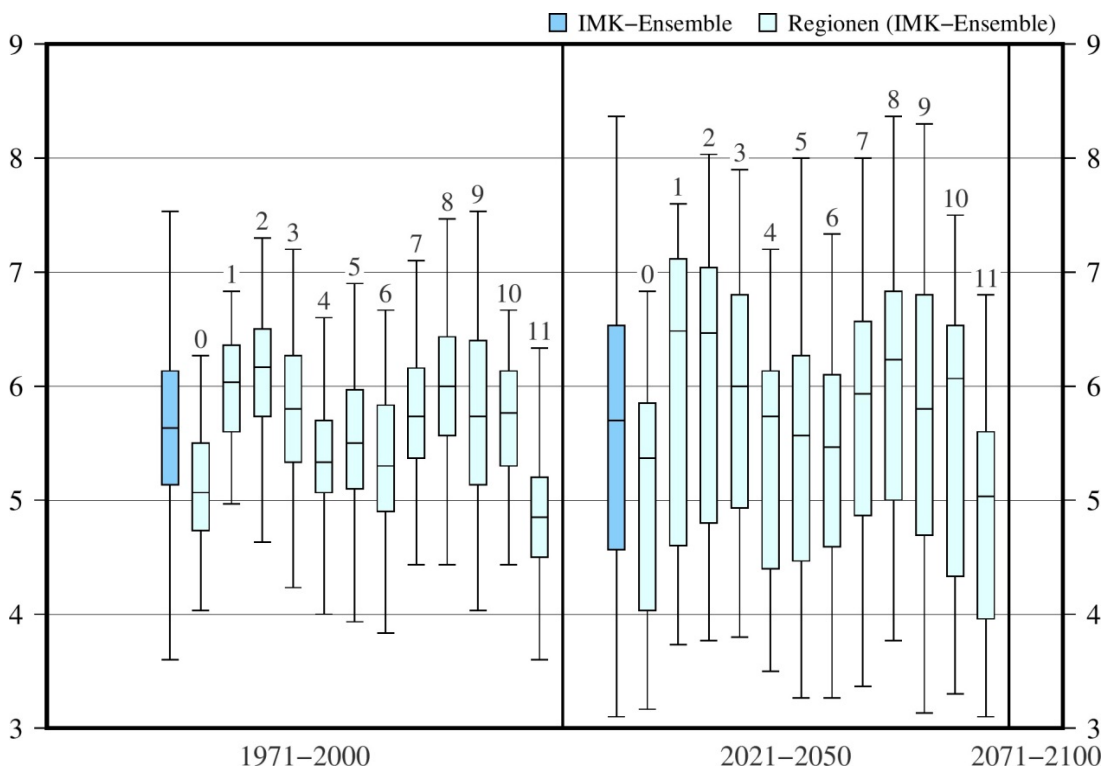


Abbildung 166: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Wetterwechseln)

Definition

Tiefste Temperatur an einem Tag in 30 Jahren

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Energieversorgung)

Die Dimensionierungen von Gasleitungen für die Energieversorgung orientiert sich an der kältesten Temperatur, die auftreten könnte. An dieser werden Planungen ausgerichtet.

Klimatologie

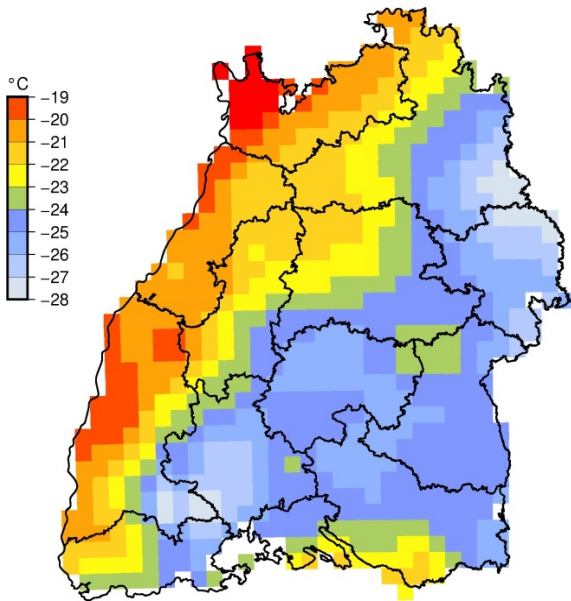
Im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen die Beobachtungen in Baden-Württemberg eine deutliche Höhenabhängigkeit für den kältesten Tag des Jahres. Die tiefste gemessene Temperatur liegt entlang des Rheins zwischen -19 und -21 °C, in den höchsten Höhen des Südschwarzwaldes sowie im Osten der Regionen Heilbronn-Franken und Ostwürttemberg bei bis zu -28 °C.

Für die nahe Zukunft (2021-2050) erwarten die Klimamodelle eine Zunahme der Tiefsttemperaturen im weiten Teilen des Landes um 1 bis 3 °C, im äußersten Nordosten sogar bis 4 °C und entlang des Rheins zwischen 0 und 1 Grad, wobei letztere Änderungen statistisch nicht signifikant sind (IMK-Ensemble). Die Klimasimulationen des Leitplanken-Ensembles zeigen in den weiten Teilen eine statistisch nicht signifikante Zunahme der Tiefsttemperaturen in der nahen Zukunft (2021-2050), signifikante Änderungen werden nur im Nordosten mit Werten von ebenfalls bis zu 4 °C Temperaturerhöhung erwartet. Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in ganz Baden-Württemberg höhere Tiefsttemperaturen, die zwischen 4 und 8 °C höher liegen als die im Kontrollzeitraum beobachteten Werte, erwartet.

Sensitivitätsampel

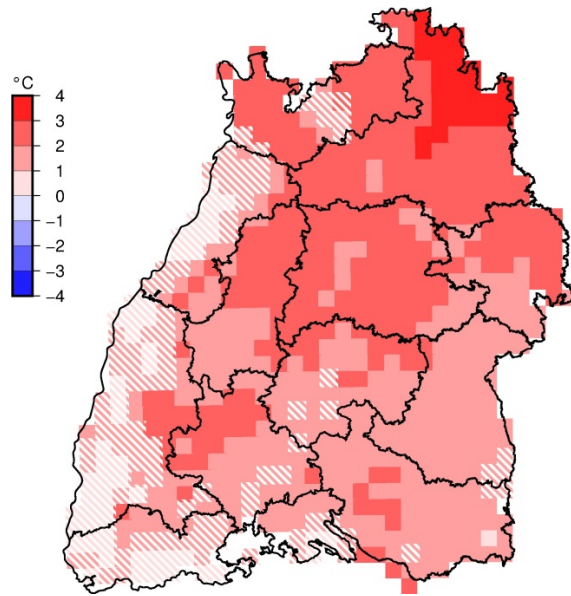
Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Beobachtungen



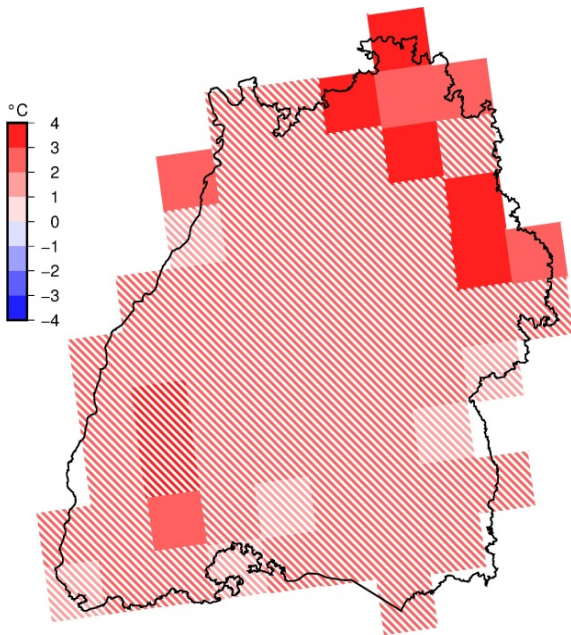
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



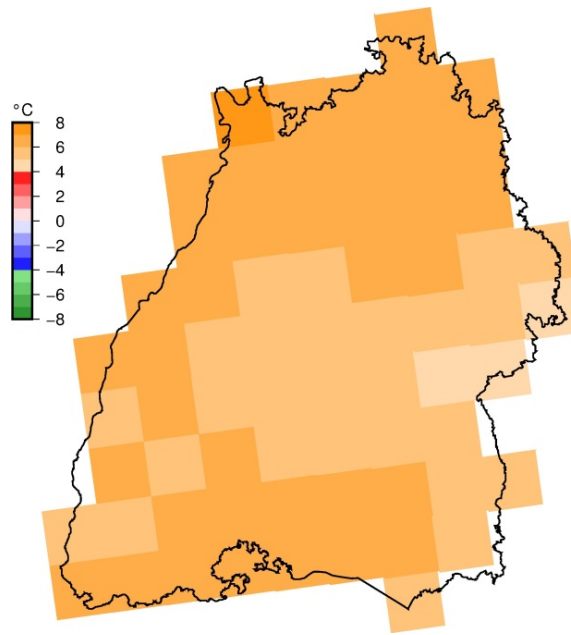
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 167: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tiefste Temperatur in 30 Jahren“

Tabelle 60: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tiefste Temperatur in 30 Jahren)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	-27.1	-24.9	-23.5	-21.6	-18.2
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	-32.5	-22.9	-20.2	-17.6	-12.8
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	-27.8	-24.9	-23.9	-21.7	-18.1
IMK-Ensemble	1971-2000	-28.8	-23.5	-22.1	-20.7	-15.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	-33.6	-20.4	-17.9	-15.2	-9.7
IMK-Ensemble	2021-2050	-29.5	-22.0	-20.5	-18.3	-12.7
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	-25.0	-17.0	-14.6	-11.6	-6.3

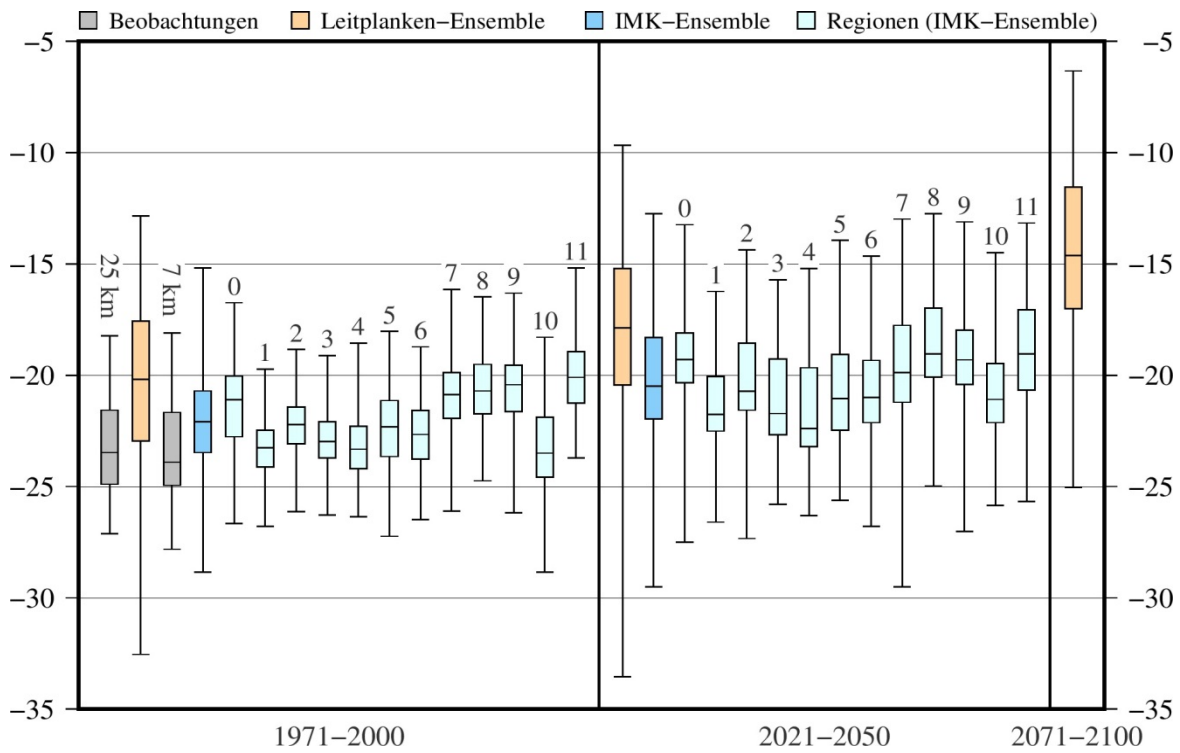


Abbildung 168: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tiefste Temperatur in 30 Jahren)

Definition

Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren

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

Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern

Durchschnittliche Anzahl von Jahren zwischen trockenen, heißen Sommern

12. August 2015, 15:21 Uhr Rekordsommer in Bayern

Auf dem Trockenen



Rekordsommer: Die Hitze führt dazu, dass der niedrige Wasserstand der Donau die Schifffahrt beeinträchtigt. (Foto: Armin Weigel/dpa)

Starke Hitze und wenig bis gar kein Regen - und das schon seit Wochen. In Bayern wird das Wasser für Schiffe und Pflanzen knapp, Bauern fürchten um ihre Ernte, Tiere brauchen menschliche Hilfe. Eine erste Bilanz.

ANZEIGE

Mittelmeer-Kreuzfahrt
Mit der Mein Schiff die schönsten Hfen des Mittelmeers Premium Alles Inklusive entdecken!
Frhbuchervorteil sichern

Verrückt? 100€ Cashback
Spartibonus von Citibanca - Sofort mit 100€

Quelle: [www.sueddeutsche.de](http://www.sueddeutsche.de/bayern/rekordsommer-in-bayern-auf-dem-trockenen-1.2603715) (<http://www.sueddeutsche.de/bayern/rekordsommer-in-bayern-auf-dem-trockenen-1.2603715>; Zugriff: 21.01.2016)

Stadt- und Raumplanung

Trockene, heiße Sommer können für Menschen und Pflanzen eine Belastungen darstellen. Manche Pflanzen können größerer Hitze und starker Trockenheit nicht standhalten und nehmen Schaden. In Städten können vertrocknete Grünflächen einen negativen psychologischen Effekt auf die Menschen haben, während Pflanzen normalerweise gerade bei Hitze positiv auf das Wohlbefinden der Menschen wirken. In trockenen und heißen Sommern können in Gebäuden, die beispielsweise über geringe Beschattung oder schlechte Dämmung verfügen, hohe Temperaturen zu Belastungen für die Bewohner führen, wobei vor allem ältere Menschen die Hitze nicht mehr so gut vertragen bzw. wahrnehmen (Kunz-Plapp et al., 2016).

Wenn die trockenen und heißen Sommer in Zukunft zunehmen, können Verbesserung der Durchlüftung, Schaffung von Grünflächen in der Stadt sowie die angepasste Auswahl der Baumaterialien Anpassungsmaßnahmen sein. Mehr Sonnenschutz und mehr Beschattung im Stadtraum wären mögliche Maßnahmen, um Hitzestress zu verhindern. Grünflächen können zur Verringerung der Wärmebelastung beitragen, sofern die Pflanzen nicht selbst durch Hitze und Trockenheit belastet werden. Daher sollte bei Neuanlagen auf die Wahl der Baum- und Pflanzenart geachtet werden. Gegenüber Hitze und Trockenheit resistente Bäume und Pflanzen, die jedoch auch kalte Winter überstehen, die auch in Zukunft in einzelnen Jahren auftreten werden, wären eine geeignete Wahl (vergleiche auch Klimakenngröße „Anzahl und Dauer von Trockenperioden zwischen Mai und September“ → Kapitel 4.3.3).

Landwirtschaft (Obstbau)

Im Obstbau sind wärmere Sommer im Moment noch günstig für die Entwicklung der Obstbäume. Wrmere Sommer tragen dazu bei, dass auch Sorten aus dem südlichen Europa, wie Aprikosen und Pflirsiche, in Ba-

den-Württemberg angebaut werden können und so das Kulturassortiment erweitert wird. Die Obstbäume brauchen aber eine ausreichende Wasserversorgung im Sommer.

Eine Anpassungsmaßnahme ist die tröpfchenweise Bewässerung im Sommer. In sehr trockenen Sommern kann diese allerdings durch Bewässerungsverbote infolge von niedrigen Wasserständen in Flüssen nicht mehr möglich sein.

Wald und Forstwirtschaft, Stadt- und Raumplanung (Forstverwaltung, Grünflächenplanung)

Ungewöhnlich hohe Temperaturen im Sommer, vor allem bei gleichzeitiger Trockenheit, können an Bäumen Schäden verursachen. Sonnenbrandschäden bei Bäumen können auftreten. Wenn die Rinde platzt, kann sich im Stamm Fäule entwickeln, was die Standsicherheit gefährdet.

Hitzeschäden wirken noch Jahre nach, sowohl infolge von Insektenvermehrung als auch in Form des Absterbens alter Bäume und neu gepflanzter Bäume. Folgeschäden von Hitze sind zum Beispiel die Vermehrung des Borkenkäfers nach extremen Trockenjahren bei der Fichte oder die Entwicklung von Eichenprachtkäfern (Eichenheldbock), die an alte / geschwächte Bäume gehen: eine Insektenkatastrophe folgt 2 bis 3 Jahre nach dem Trockenjahr. Auch Wasser Konkurrenz spielt eine Rolle: Beispielsweise nehmen Misteln in Kiefern diesen Wasser weg. Eine Kiefer kann ein Trockenjahr überstehen, aber nicht zwei oder drei aufeinanderfolgende. Die Bäume sterben dann nicht direkt durch Trockenheit ab, sondern durch Insekten, die den geschwächten Baum befallen. Bei wärmeren Temperaturen können sich auch „neue“ Insekten in Baden-Württemberg ansiedeln, beispielsweise der Florentinerprachtkäfer aus dem Mittelmeerraum oder die Heuschrecke Gottesanbeterin.

Nach etwa 5 bis 6 Hitzetagen bei starker Trockenheit kommt es außerdem manchmal zu einem „verfrühten Herbst“, dann werfen die Bäume ihre Blätter teilweise schon im August ab. Anfällig dafür sind zum Beispiel Birke, Ahorn und Pappel.

Für Stadtbäume ist der Wurzelraum die Haupt-Begrenzung des Baumwachstums in der Stadt; in Zukunft könnte aber das Klima an Bedeutung gewinnen. Hier gilt: „Je extremer das Klima ist, desto idealer muss der Standort sein.“ Auch die Auswahl der Arten spielt eine Rolle bei Neupflanzungen. Einige heimische Baumarten „verabschieden sich schon heute aus dem Stadtbild“, mediterrane Bäume, die oft als zukunftsfruchtig dargestellt werden, sind oft nicht winterhart. Auch ein generell milderes Klima wird kalte Winter haben. Das heißt, die heutigen Bäume müssen in die heutigen Bedingungen des Klimas passen. Man kann nicht heute pflanzen, was in 30 Jahren geeignet wäre, da diese Bäume heute nicht überleben / geeignet sind.

Schäden durch besondere Trockenheit über einen längeren Zeitraum sind zum Teil erst nach zwei, drei Jahren als Kronenschäden sichtbar. Ein Abstand von mindestens 5 Jahren zwischen heißen, trockenen Jahren wäre nötig für die Baumerholung.

Klimatologie

Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren

Die Anzahl trockener und heißer Sommer für Baden-Württemberg liegt im Kontrollzeitraum (1971-2000) durchschnittlich bei 2 in 30 Jahren. Im Norden und Westen Baden-Württembergs liegt die Anzahl bei bis zu 3 in 30 Jahren. Die Klimamodellberechnungen überschätzen die Anzahl der trockenen und heißen Sommer leicht, sodass im Folgenden vor allem auf die in der Zukunft erwarteten Änderungen statt auf die absoluten Zahlen Bezug genommen wird.

Eine Zunahme der Anzahl an trockenen heißen Sommern in ganz Baden-Württemberg wird in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) erwartet. Die Zunahme liegt zwischen zwei und sechs Sommern. In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine Zunahme um 12 bis 16 trockene, heiße Sommer in 30 Jahren erwartet.

Der Box-Whisker-Plot zeigt zudem einen Anstieg des Schwankungsbereichs innerhalb der Regionen; von ca. zwei (Kontrollzeitraum) auf ca. sechs (nahe Zukunft) trockene, heiße Sommer innerhalb einer Region.

Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern

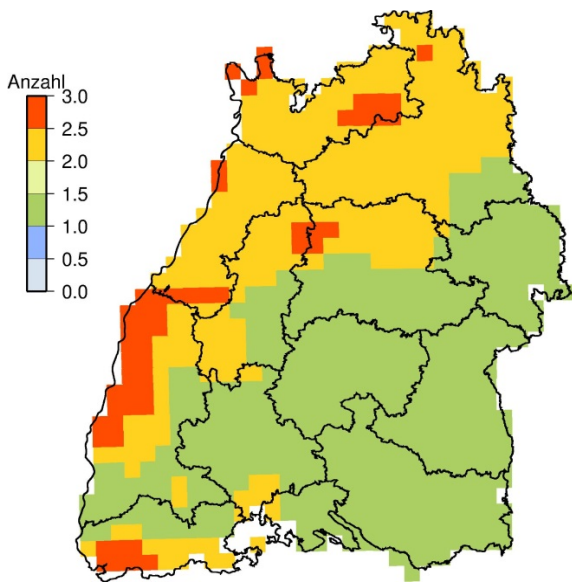
Entsprechend der Anzahl der trockenen, heißen Sommer in 30 Jahren liegt die durchschnittliche Zahl der Jahre zwischen diesen Ereignissen in der Südosthälfte zwischen 14 und 15 Jahren, in der Nordwesthälfte Baden-Württembergs bei 9 bis 10 sowie entlang des Rheins zwischen 6 und 7.

Aufgrund der in Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) erwarteten höheren Anzahl an trockenen, heißen Sommern wird auch eine Verkürzung des Zeitraums zwischen diesen erwartet. Er verkürzt sich in allen Regionen um 4 bis 6 Jahre, kleinräumig um mehr (bis zu 8 Jahre) oder weniger (bis zu 2 Jahre). In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) wird eine weitere Verkürzung um insgesamt 6 bis 12 Jahre erwartet.

Die Zahlen sowohl für Kontrollzeitraum als auch nahe Zukunft sind dabei für alle Regionen ähnlich. Dies liegt darin begründet, dass ein heißer, trockener Sommer durch die großräumige Wetterlage verursacht wird.

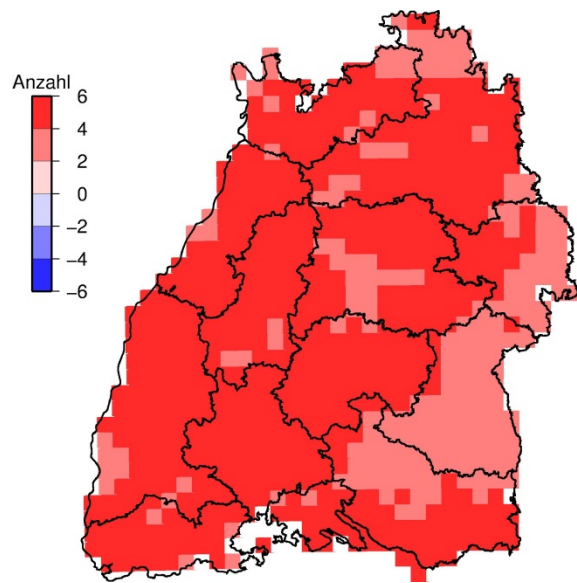
Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren

Beobachtungen



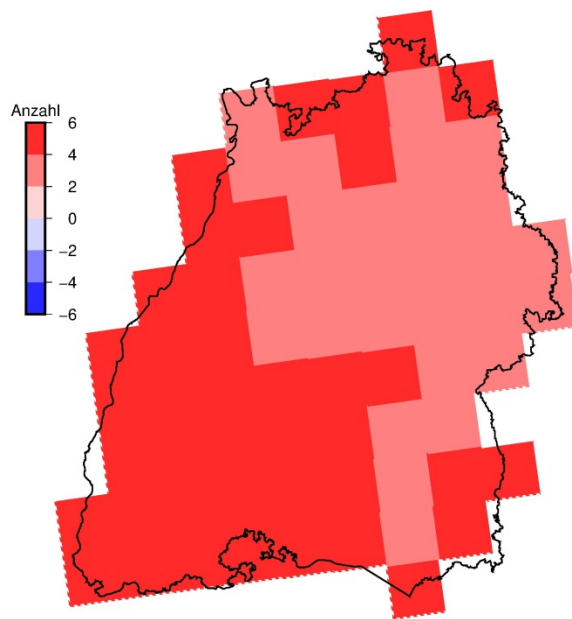
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



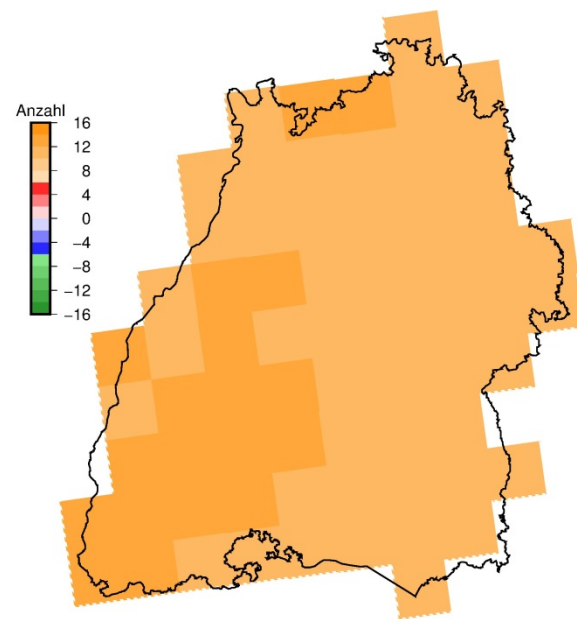
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble

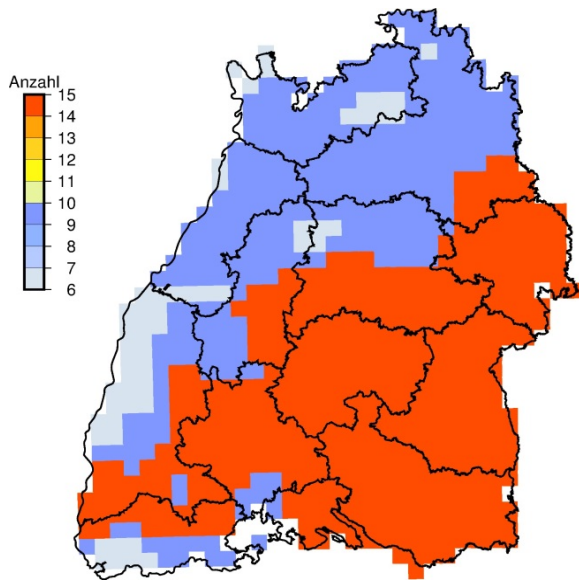


Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 169: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren“

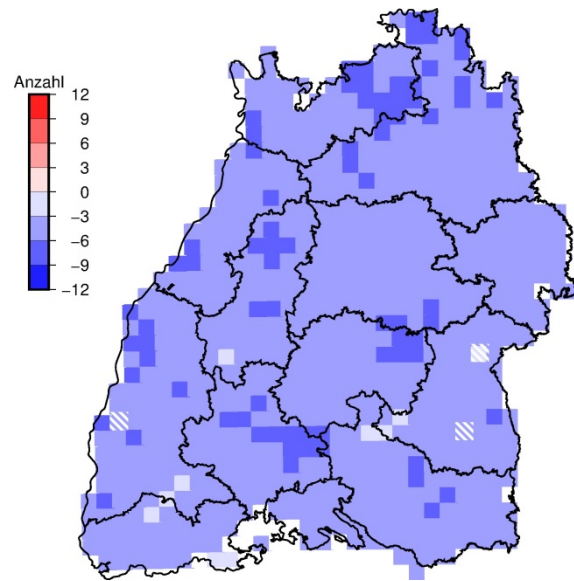
Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern

Beobachtungen



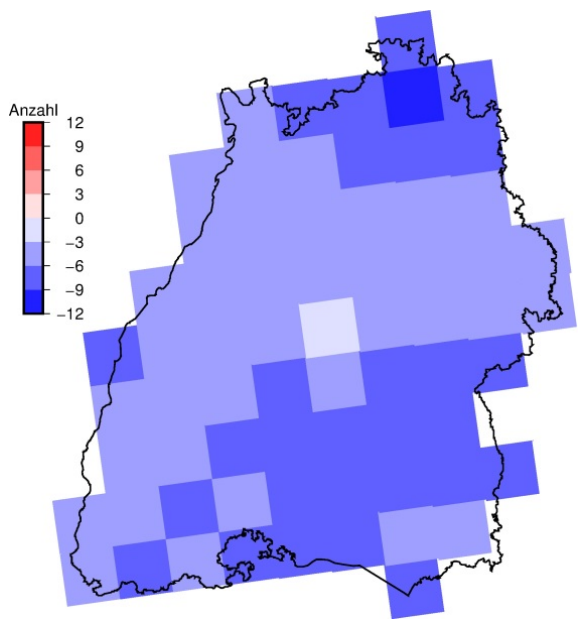
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



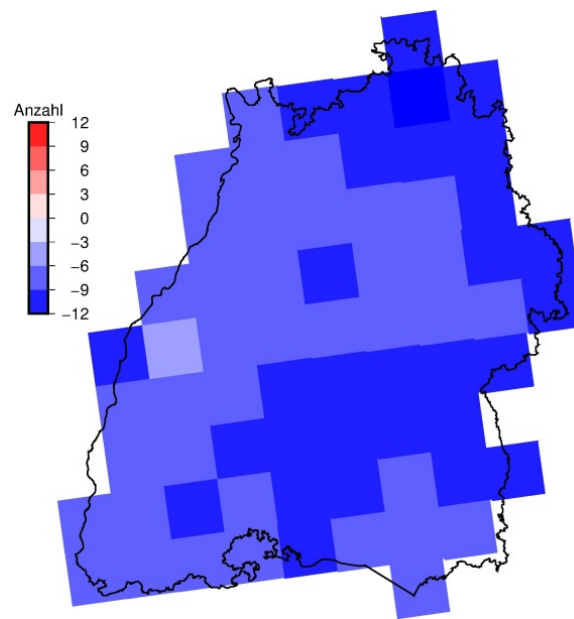
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 170: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern“

Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren

Tabelle 61: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.0	2.0	9.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.0	3.0	6.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.0	0.0	6.0	17.0
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.0	0.0	6.0	16.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.0	0.0	13.2	26.0

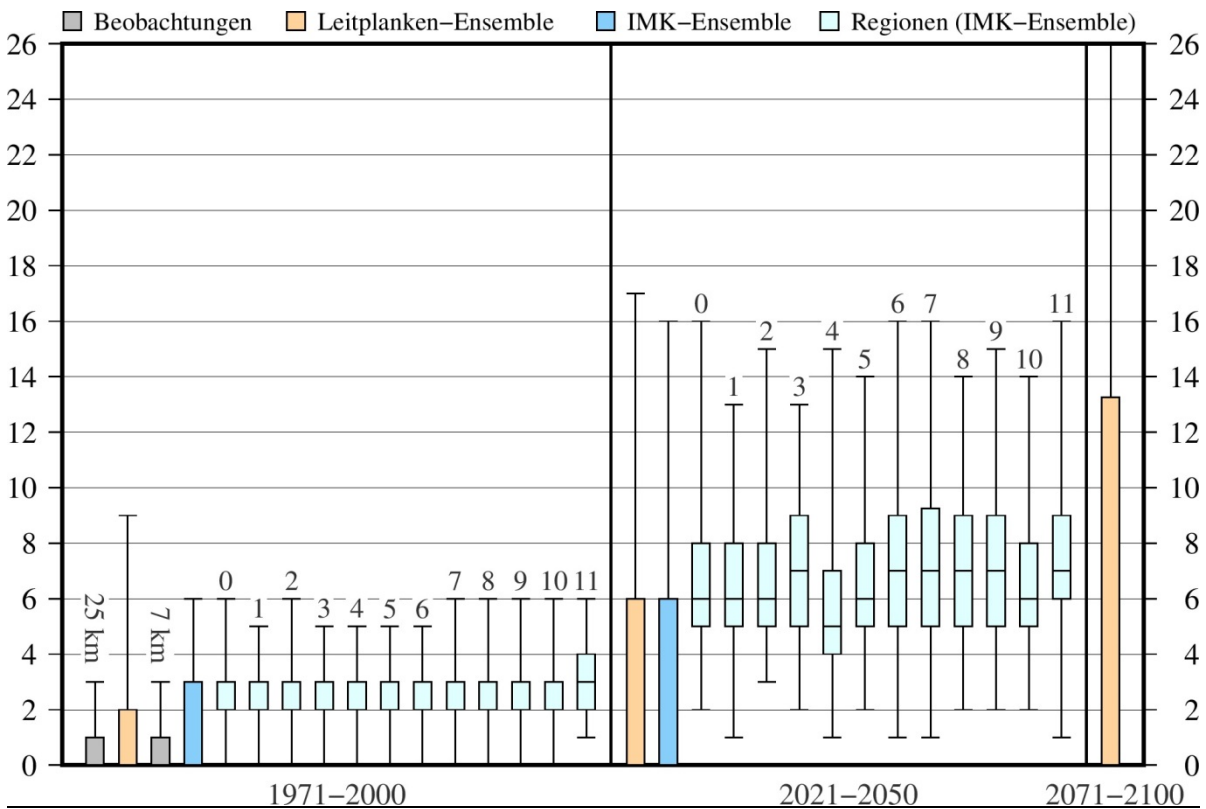


Abbildung 171: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren)

Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern

Tabelle 62: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	6.8	9.3	14.5	14.5	14.5
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	1.5	5.2	6.8	9.3	30.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	6.8	9.3	14.5	14.5	14.5
IMK-Ensemble	1971-2000	2.8	6.8	6.8	9.3	30.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	1.9	2.9	5.2	30.0
IMK-Ensemble	2021-2050	0.8	2.4	3.1	4.2	14.5
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.1	0.6	0.9	1.5	6.5

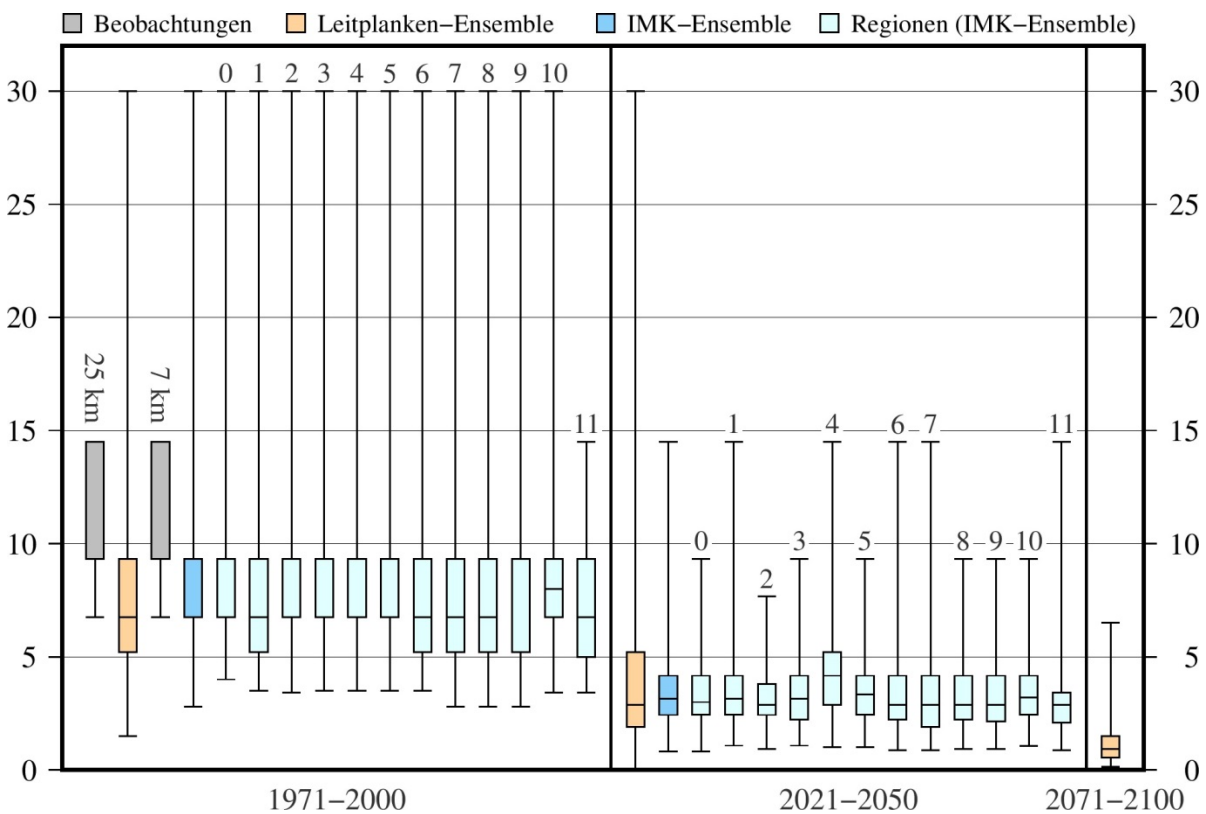


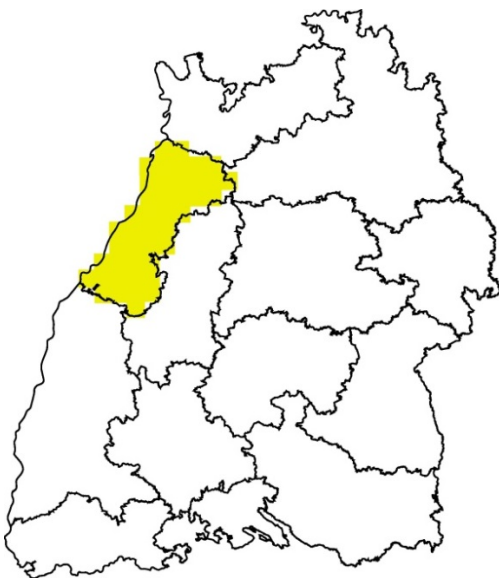
Abbildung 172: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern)

Sensitivitätsampel

Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Wald und Forstwirtschaft, Stadt- und Raumplanung (Forstverwaltung, Grünflächenplanung)

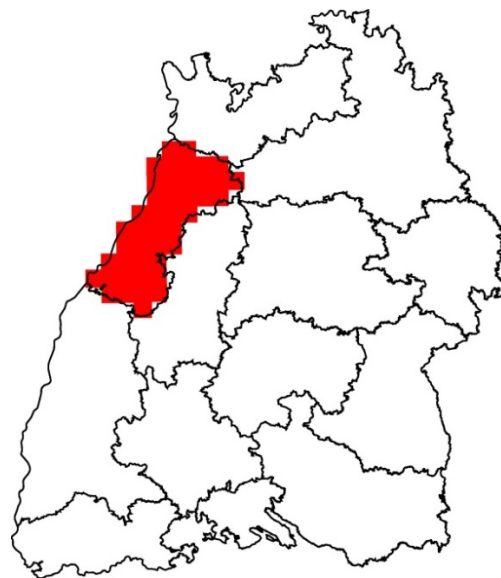
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Mittlerer Oberrhein	gelb	Keine Angabe	+10 %	„Verstärkter Anbau Hitze und/oder Trockenheit ertragender Baumarten (Problem: Abkehr von standortheimischen Baumarten!)“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



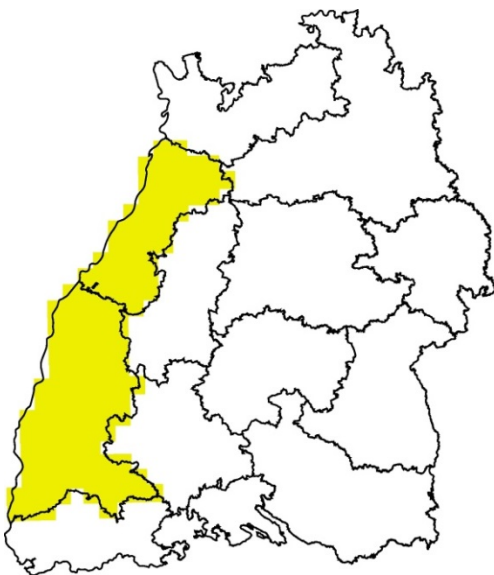
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 173: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Wald und Forstwirtschaft, Stadt- und Raumplanung (Forstverwaltung, Grünflächenplanung)“

Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Landwirtschaft (Obstbau)

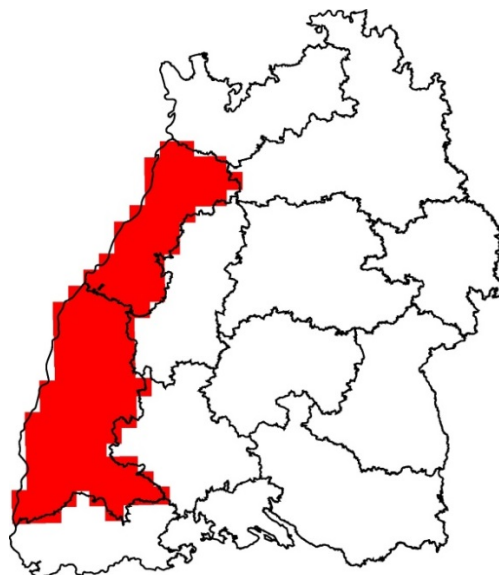
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Mittlerer Oberrhein und Südlicher Oberrhein	Gelb (rot)	keine Angabe	+30 %	„Schattierung, Kühlung, intensivere Bewässerung. Der Stress für die Pflanzen, Obstkulturen, besonders Kernobst, wird zunehmen, was sich in stärkeren Ertragsschwankungen von Jahr zu Jahr, oder aber auch der Ertragsleistung to/ha auswirken wird. Kernobst bildet parallel zu Fruchtwachstum die Blütenknospen für das folgende Jahr.“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



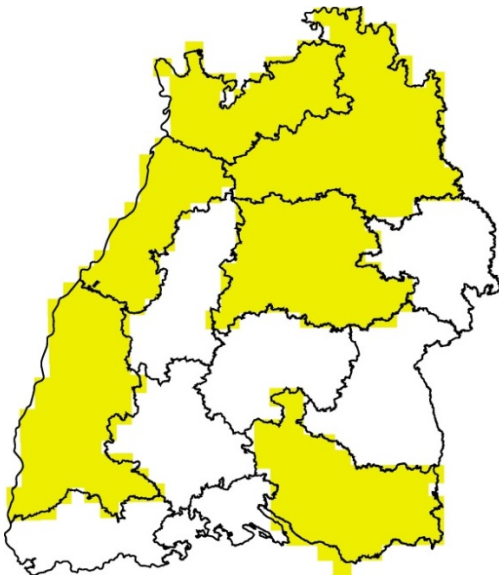
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 174: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050) für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Landwirtschaft (Obstbau)“

Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern - Stadt- und Raumplanung

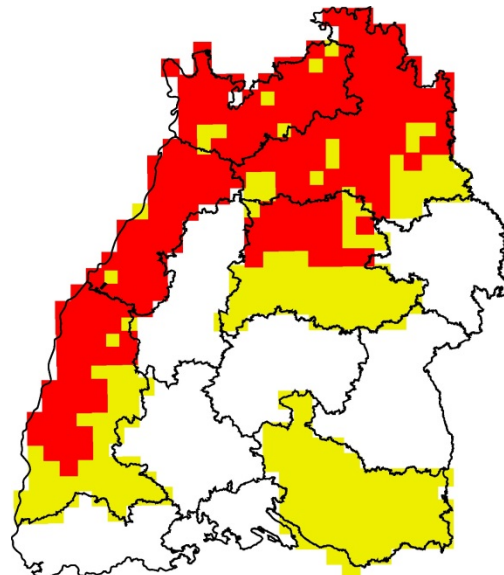
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Ganz Baden-Württemberg, außer in höheren Lagen im Südosten sowie im Schwarzwald	gelb	+30 %	< 5 Jahre	„Keine kurzfristigen Anpassungsmaßnahmen möglich außer Optimierung der Pflanzstandorte bei Neupflanzungen, Umstellung auf „Zukunftsbaumarten“ über mehrere Jahrzehnte (eher Reagieren als Agieren).“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Abbildung 175: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern - Stadt- und Raumplanung)

Definition

Anzahl an trockenen Jahren in einem 30-jährigen Zeitraum; ein Trockenjahr ist definiert als ein Jahr mit einer Jahresniederschlagssumme kleiner gleich 80 % des klimatologischen Mittelwerts am jeweiligen Berechnungspunkt

Wald und Forstwirtschaft (Forstverwaltung)

Trockenjahre führen häufig zu Baumschäden (vgl. auch Klimakenngröße „Niederschlagssumme März bis Mai“ und „Niederschlagstage in März und April“ → Kapitel 4.3.26 und 4.3.27). Dabei ist die Trockenheit selbst meist nicht die Hauptursache. Stattdessen führt die Trockenheit zu einer starken Vermehrung von Insekten in den Folgejahren, auch Insektenkalamität genannt, die den Baumbestand befallen. Vor allem alte oder geschwächte Bäume sind davon betroffen. Beispielsweise kann eine starke Borkenkäfervermehrung zu Schäden an Fichten führen.

Wasserhaushalt

Der Wald bietet nicht nur Erholung, sondern dient auch als Wasserspeicher. Eine große Wasseraufnahme des Waldbodens dient als natürlicher Hochwasserschutz. Baumsterben und starkes Austrocknen der Böden durch Trockenheit kann die Porosität des Bodens verringern und zu einem höheren Oberflächenabfluss und zu niedrigerer Tiefenversickerung führen.

HITZE IN DEUTSCHLAND

Dürre wird's noch

In Deutschland ist es so trocken wie seit 50 Jahren nicht. Dramatisch? Für einzelne Bauern und Schiffer schon. Unsere Sommertage werden künftig häufiger heiß und trocken.

von Anna Behrend | 12. August 2015 - 14:58 Uhr

In Deutschland bricht die vertrocknete Erde auf, von Ernteaussfällen ist die Rede, und dann der Schiffsverkehr: mancherorts wegen Niedrigwasser eingestellt. "In Südhessen, Teilen von Nordbayern, Sachsen bis ins südliche Brandenburg ist der Boden so trocken wie seit 50 Jahren nicht", twitterte der Deutsche Wetterdienst am Montag. Und die Nachrichtenagenturen tickern von einem Sahara-Sommer. Die Meldungen über die Dürre in Deutschland scheinen besorgniserregend. Aber erleben wir derzeit wirklich ein Jahrhundertereignis, das uns beunruhigen sollte? Oder ist es einfach nur heiß und trocken weil eben Sommer ist?

Quelle: [www.zeit.de](http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2015-08/hitze-duerre-deutschland-folgen) (http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2015-08/hitze-duerre-deutschland-folgen; Zugriff: 21.01.2016)

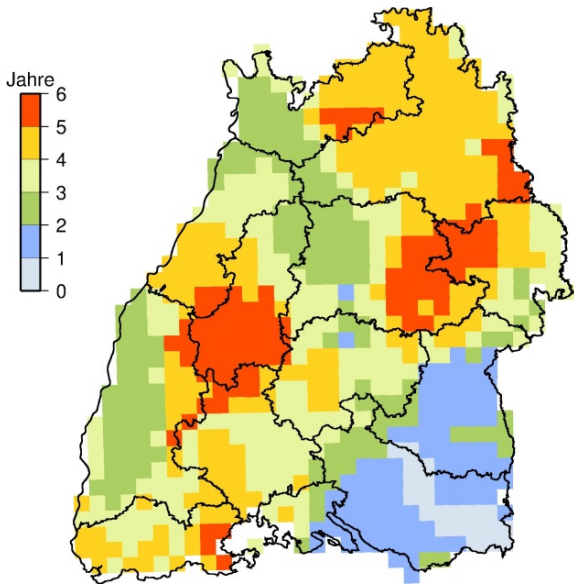
Klimatologie

Im Kontrollzeitraum (1971-2000) wurden in Baden-Württemberg durchschnittlich 3 Trockenjahre in 30 Jahren beobachtet. Dabei treten in den Regionen Bodensee-Oberschwaben und Donau-Iller mit 0 bis 2 Jahren die wenigsten Trockenjahre auf, im Süden der Region Nordschwarzwald, im Osten der Region Stuttgart und im Westen der Region Ostwürttemberg mit bis zu 6 Jahren die meisten. Die Berechnungen der Klimamodelle stimmen gut mit den Beobachtungen überein.

In der nahen Zukunft (2021-2050) werden in allen Regionen geringe Änderungen in der Zahl der Trockenjahre pro 30 Jahre erwartet, die in großen Teilen des Landes statistisch nicht signifikant sind (IMK- und Leitplanken-Ensemble). Statistisch signifikante Abnahmen werden in den Ergebnissen des IMK-Ensembles lediglich in den Regionen Südlicher Oberrhein, Rhein-Neckar und Ostwürttemberg erwartet. Dort zeigen die Klimamodelle in der nahen Zukunft bis zu 2,5 Trockenjahre weniger. Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden in Baden-Württembergs keine signifikanten Änderungen erwartet.

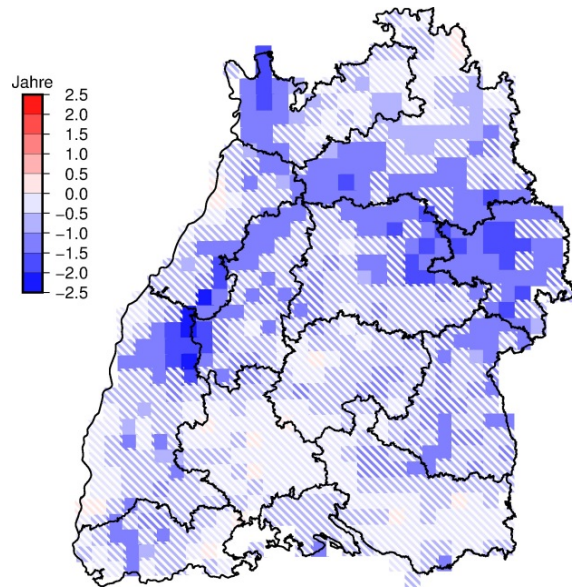
Da die Zahl der Trockenjahre in Zukunft entweder gleich bleibt oder abnimmt, wird keine Erhöhung der Gefahr für Baumschäden in der Wald und Forstwirtschaft erwartet. Ebenfalls werden keine negativen Änderungen des Wasserhaushalts des Bodens erwartet. Zu beachten bleibt aber die saisonale Verteilung des Niederschlags innerhalb eines Jahres.

Beobachtungen



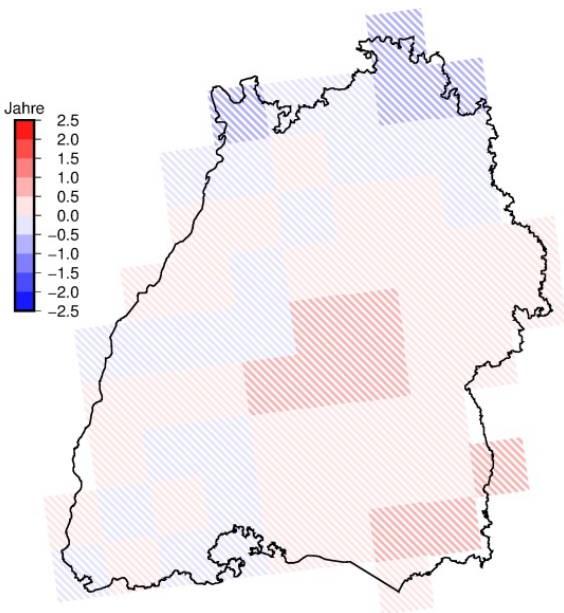
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



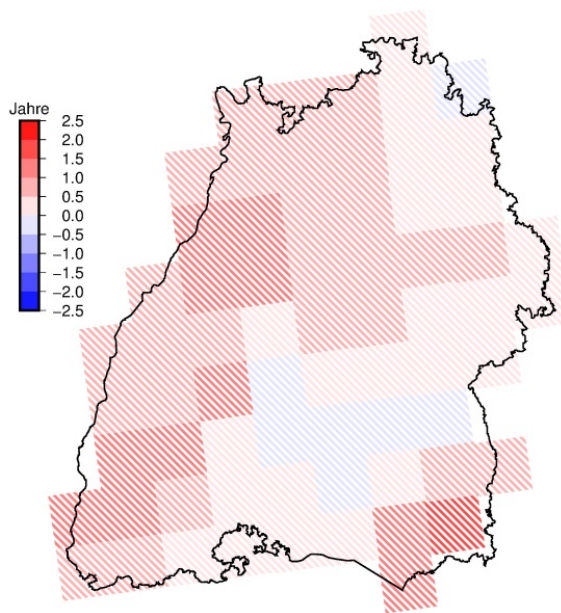
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 176: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockenjahre“

Tabelle 63: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Trockenjahre)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	3.0	6.0
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.0	2.0	3.0	4.0	6.0
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	2.0	3.0	4.0	8.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.0	0.0	1.0	7.0
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	1.0	2.0	3.0	6.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0

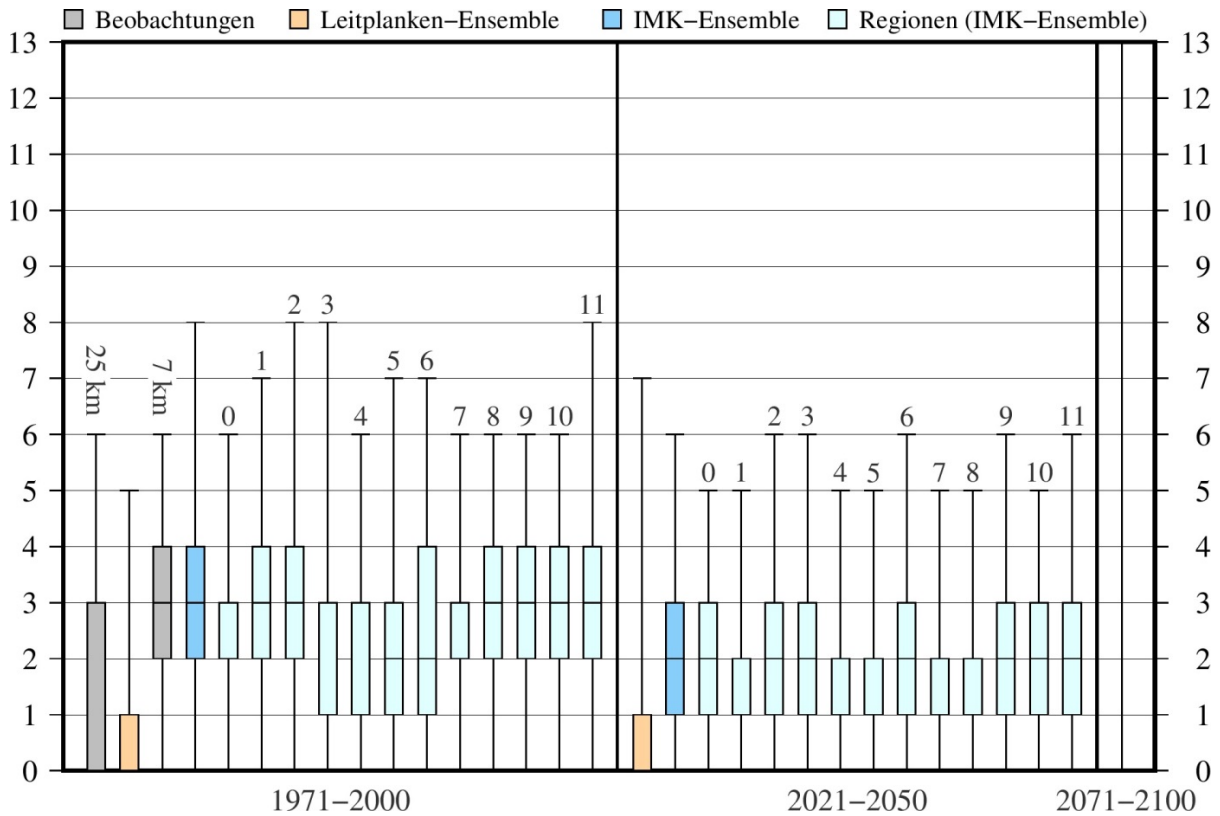
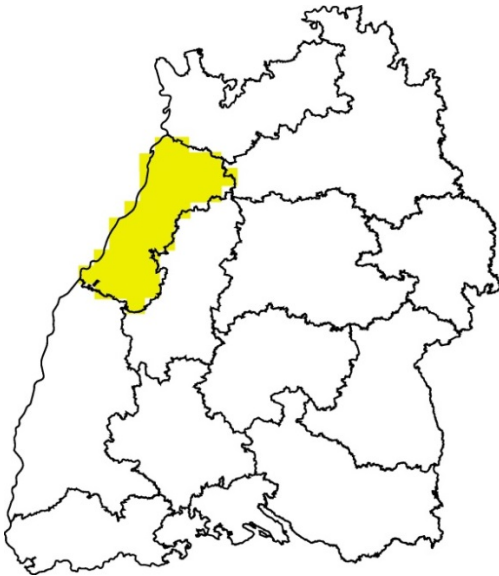


Abbildung 177: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockenjahre)

Sensitivitätsampel
Wald und Forstwirtschaft

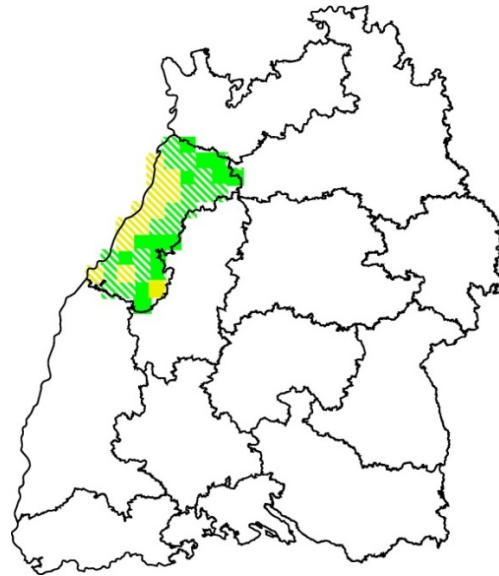
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Mittlerer Oberrhein	gelb	-20 %	Keine Angabe	„Keine Anpassungsmaßnahmen“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Abbildung 178: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050) für (Trockenjahre – Wald und Forstwirtschaft)

Definition

Anzahl Tage pro Jahr mit einer Tagestiefsttemperatur größer gleich 20 °C

Gesundheit (Biometeorologie)

Hohe Temperaturen in der Nacht können den Schlaf und damit die nächtliche Erholung beeinträchtigen. Eine zu geringe Schlafmenge kann zu verschiedenen Beschwerden und Symptomen führen. Beispielsweise treten Konzentrations- und Aufmerksamkeitsstörungen, sowie Erschöpfung, Übelkeit oder Koordinationsprobleme auf, wodurch die Arbeits- und Produktionsleistung vermindert wird.

Landwirtschaft

Wenn Nächte zu warm werden, gibt es in Pflanzen biochemische Änderungen, die sich auf den Ertrag und vor allem die Qualität auswirken können (z. B. Fettsäurezusammensetzung im Raps, Kartoffeln). Sind die Nachttemperaturen hoch, werden nachts die Produkte aus der Photosynthese vermehrt veratmet. Bei steigenden Temperaturen in Zukunft könnten diese Kenngrößen an Relevanz gewinnen.

Freitag, 28. August 2015 SÜDWESTECHO — Ausgabe Nr. 198 — Seite 10

Nachts kriecht die Hitze aus den Mauern

In Tropennächten ist es in der Stadt viel wärmer

Von unserem Redaktionsmitglied **Rainer Haendle**

Karlsruhe. Warum tropische Nächte vor allem für Innenstadtbewohner so schlaflos sein können, haben in diesem Hitzesommer Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) am Beispiel der Fächerstadt untersucht. Das Ergebnis ist allenfalls in seiner Höhe überraschend: Die Temperaturdifferenz in jenen schweißgebadeten Nächten zwischen der Innenstadt und dem Umland beträgt bis zu sieben Grad. „Hitze in der Stadt ist für Karlsruhe ein großes Problem“, sagt Julia Hackenbruch vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), die sich in ihrer Doktorarbeit mit der Klimaveränderung von Städten beschäftigt.

Das Grundproblem ist weithin bekannt: Die Städte mit ihren riesigen Beton- und Asphaltflächen sind Wärmeinseln, die tagsüber die Hitze speichern und nachts wieder abgeben – wie ein Backofen. Wenn dann noch Grünstreifen zur Entlüftung fehlen, kann es bei extremen Wetterlagen zu Katastrophen kommen. Wie im Sommer 2003, als Karlsruhe mit einer Rekordzahl an Hitzetoten in den Alten- und Pflegeheimen bundesweit in die Negativschlagzeilen kam. Anschließend Untersuchungen zeigten damals, dass besonders die

Städteile mit schlechter Durchlüftung betroffen waren.

In der aktuellen Messkampagne hatten die KIT-Wissenschaftler während der Rekordhitze Anfang August an drei verschiedenen Punkten im Karlsruher Stadtgebiet ihre Geräte aufgestellt: In der Weststadt in einem versiegelten Innenhof in der Sophienstraße, am Hauptfriedhof und in der Oststadt in einem Innenhof in der Vincenz-Prießnitz-Straße. Als Vergleichstemperatur diente die offizielle Messstation des deutschen Wetterdienstes in Rheinstetten unweit der Karlsruher Messe. „Die größte Differenz konnten wir in der Nacht vom 7. auf den 8. August feststellen. Zum Messtermin um Mitternacht war es in der Weststadt noch über 28 Grad warm, während es sich in Rheinstetten bereits auf unter 22 Grad abgekühlt hatte – ein Unterschied von fast sieben Grad“, berichtet Julia Hackenbruch. Noch mehr überrascht war die Nachwuchswissenschaftlerin allerdings von den innerstädtischen Unterschieden: So sanken die Temperaturen in jener Tropennacht am Hauptfriedhof immerhin noch auf 22,7 Grad, in der Oststadt fiel das Thermometer nicht unter 23,4 Grad und in der Weststadt lag die kühlfte Nachttemperatur bei 24,7 Grad – Singapur oder Bali lassen grüßen. „Grünflächen bringen immer eine Abkühlung durch die Verdunstung von Feuchtigkeit“, sagt Julia Hackenbruch, die selbst auch nicht in der Innenstadt sondern im benachbarten Pfingztal wohnt.

Deutliche Unterschiede zeigten sich auch bei den Maximaltemperaturen am Tage. So stieg das Thermometer an jenem Freitag (7. August) in Rheinstetten auf maximal 37,7 Grad, am Hauptfriedhof auf 38,1 Grad und in der Oststadt sogar auf 39,6 Grad.

„Der Wetterdienst will eine für die gesamte Region repräsentative Temperatur ermitteln“, berichtet die Klimexpertin von den Gründen für die Umsiedlung. Nicht nur in Karlsruhe sondern in ganz Deutschland wurden deshalb die Stationen aus den „Backöfen“ heraus in begrünte Flächen verlegt.

WENN DIE SONNE AUFHEIZT, leiden besonders die Menschen in den Innenstädten. Der nächtliche Temperaturunterschied zwischen Karlsruhe und dem Umland betrug in einer der Tropennächte sogar sieben Grad. Foto: dpa

Unterschied zum Umland bis zu sieben Grad

Quelle: *Badische Neueste Nachrichten*, 28.08.2015

Heißeste erste Juliwoche seit Beginn der Aufzeichnung

Kein neuer Hitzerekord, aber die höchste je in Bad Säckingen gemessene Nachttemperatur / Vier Tropennächte in Folge.

Quelle: www.badische-zeitung.de (<http://www.badische-zeitung.de/bad-saeckingen/heisseste-erste-juliwoche-seit-beginn-der-aufzeichnung--107428168.html>, Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen für Baden-Württemberg im Kontrollzeitraum (1971-2000) deutlich weniger als eine Tropennacht pro Jahr. Die Region Rhein-Neckar weist dabei die meisten Tropennächte mit ca. einer Tropennacht pro Jahr auf. Die Minima mit keiner Tropennacht liegen erwartungsgemäß in den süd-östlichen Regionen Baden-Württembergs in den höheren Lagen. Zu beachten ist, dass aufgrund der städtischen Wärmeinseln vor allem nachts in den Innenstädten größerer Kommunen höhere Temperaturen auftreten. Es ist

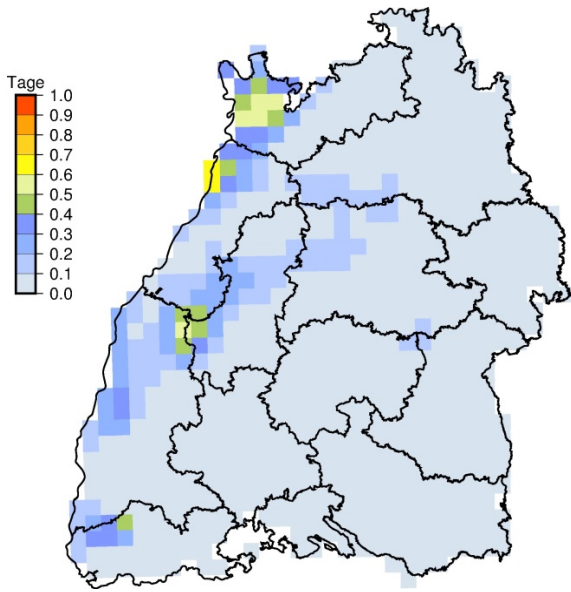
also anzunehmen, dass dort die Zahl der Tropennächte höher liegt als von den regionalen Klimamodellen berechnet, da in diesen die städtische Bebauung nicht explizit berücksichtigt werden kann.

Da die Klimamodellberechnungen die gegenwärtige Zahl der Tropennächte leicht überschätzen, werden nicht die absoluten Zahlen betrachtet, sondern die erwarteten Änderungen zwischen den Simulationen in der Zukunft.

Signifikante Zunahmen in der Zahl der Tropennächte in der nahen Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) werden demnach vor allem im Norden Baden-Württembergs und im Oberrheingebiet erwartet. Dabei sticht die Region Rhein-Neckar mit bis zu 4 Tropennächten mehr pro Jahr besonders hervor. Im Süd-Osten Baden-Württembergs und dem Schwarzwald sind die Zunahmen am geringsten. Eine Zunahme der Häufigkeit an Tropennächten ist in ganz Baden-Württemberg zu erwarten, unterschiedlich stark in den einzelnen Regionen. Zusätzlich wird erwartet, dass sich innerhalb der Regionen die räumliche Streuung stark erhöht. Im Leitplanken-Ensemble werden ähnliche Änderungen für die nahe Zukunft (2021-2050) erwartet, in der nahen Zukunft (2071-2100) werden Zunahmen um bis zu 15 Tropennächten entlang des Rheins erwartet.

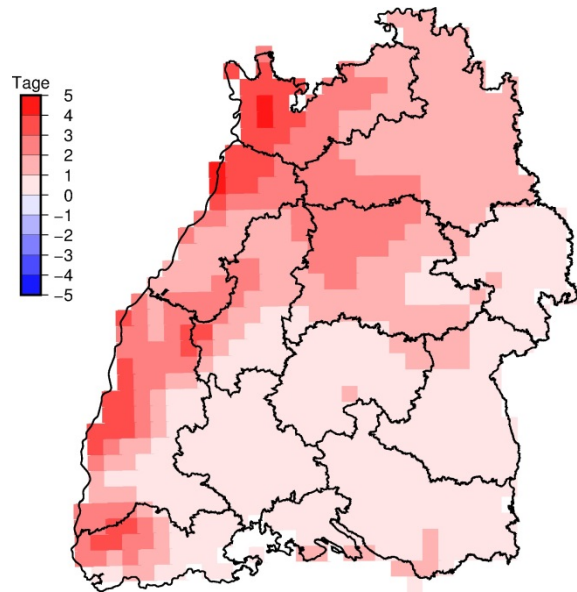
In Zukunft sind die Regionen, in denen heute bereits Tropennächte auftreten, besonders von einem Anstieg in der Anzahl betroffen. Vor allem in diesen Regionen sollten Anpassungsmaßnahmen zum Schutz der Gesundheit entwickelt werden.

Beobachtungen



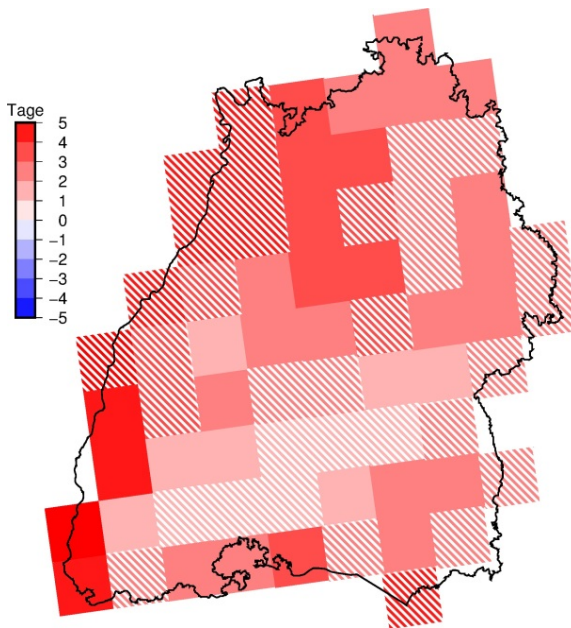
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



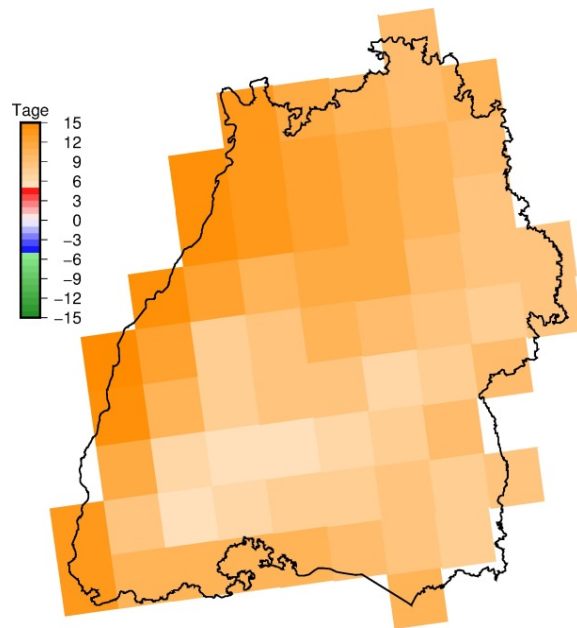
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 179: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tropennächte“

Tabelle 64: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tropennächte)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	0.0	0.1	0.7	2.8	14.0
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	0.1	0.2	0.6	3.0
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.0	0.6	2.7	7.8	23.9
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	0.5	1.3	2.5	9.9
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.2	4.0	8.8	18.6	39.1

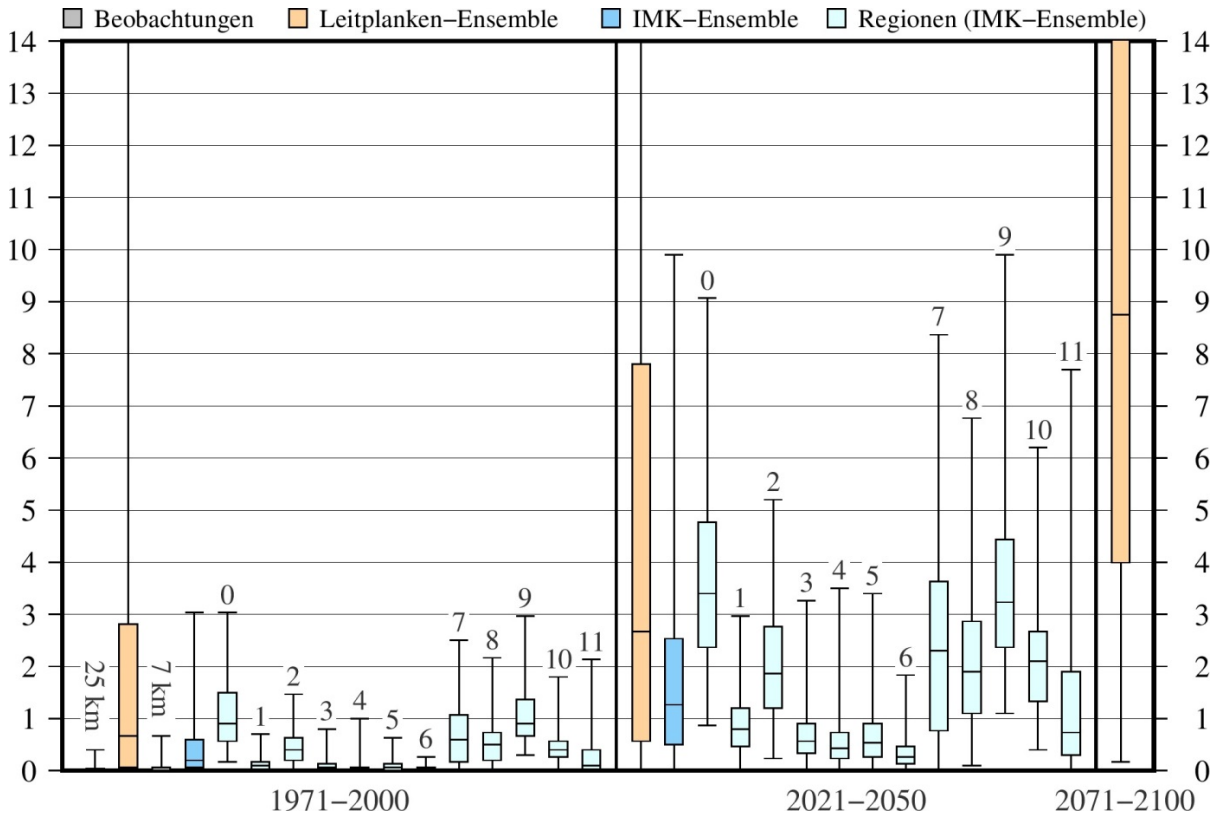


Abbildung 180: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tropennächte)

Sensitivitätsampel

Gesundheit

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Stuttgart, nur lokal im Innenstadtbereich, wärmeinselbedingt	gelb	halb so viele Tropennächte	durchschnittlich eine mehr	siehe 1)

1) Notwendige Anpassungsmaßnahmen: „Entsiegelung, Begrünung (Verdunstungskühlung), mehr Freizebereich: Durchlüftung, Nutzung von Kaltluftströmungen“ (Experteneinschätzung)

Da für die Region Stuttgart in der nahen Zukunft eine Zunahme um 1 bis 3 Zahl Tropennächte pro Jahr erwartet wird, würde dort der rote Bereich der Sensitivitätsampel erreicht werden, sodass aufwändige und möglicherweise kostenintensive Anpassungsmaßnahmen notwendig werden. „Die thermische Belastung ist auch bisher in der Stuttgarter Innenstadt schon hoch. Im Falle einer Zunahme sind v. a. im planerischen Be-

reich restriktivere Maßnahmen erforderlich, die voraussichtlich nicht leicht akzeptiert werden bzw. Geld kosten.“ (Experteneinschätzung)

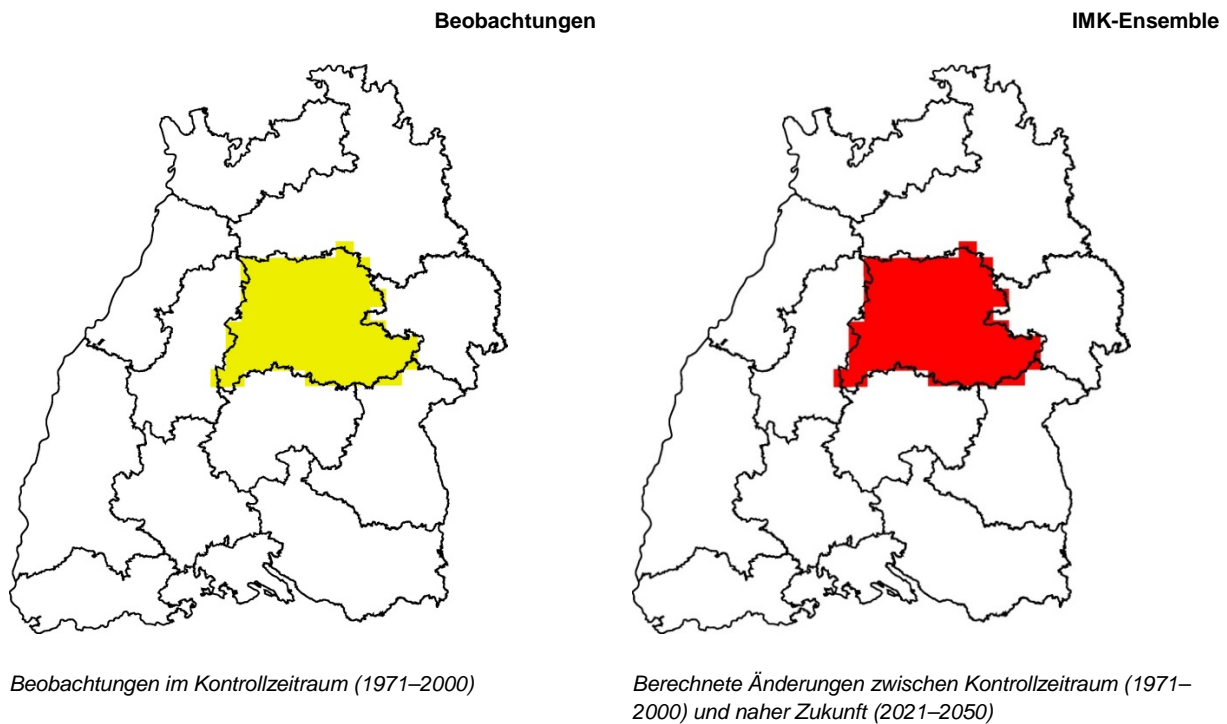


Abbildung 181: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für Tropennächte

Landwirtschaft

Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Wie alle Temperaturparameter regional unterschiedlich.	grün	„Mangels Erfahrungen kann hier keine Angabe gemacht werden.“	„Mangels Erfahrungen kann hier keine Angabe gemacht werden.“	„Pflanzenzüchtung, Sortenwahl; Photosynthese wenigstens tagsüber ermöglichen, d.h. Hitzewirkung eindämmen, Trockenstress wo machbar eindämmen; CO ₂ -Düngung von C ₃ -Pflanzen ausnutzen.“

Definition

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

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Winterdienst)

Bei Lufttemperaturen unter 2 °C in 2 m Höhe 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. Gezeigt wird, wie häufig Winterdienste pro Jahr mit „mittlerem Winterdienst“ im Einsatz sein müssen (im Folgenden auch „Streutage“ genannt). Außerdem können Glättesituationen auftreten, wenn die Restfeuchte am Boden gefriert oder die Luftfeuchte sich als Reif niederschlägt. Für Tage mit Schneefall, an denen geräumt und gestreut werden muss, siehe auch Klimakenngröße „Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“ → Kapitel 4.3.46.

Eine Abnahme von Tagen mit Wetterbedingungen für den mittleren Winterdienst unter eine bestimmte Grenze könnte für eine Kommune 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.

Ein wichtiger Aspekt ist die Länge einer Periode aufeinanderfolgender Streutage. Einzelne Streutage, verteilt über einen ganzen Winter, stellen die Winterdienste vor eine logistisch und personell größere Herausforderung als viele Streutage am Stück, obwohl es in der Summe die gleiche Anzahl an Streutagen im Winter bedeuten kann. Beispielsweise müssen unterschiedlich viele Arbeitsschichten besetzt werden oder Rufbereitschaften eingerichtet.

Auf Grundlage von Expertengesprächen wurden deswegen drei unterschiedliche Perioden von Streutagen ausgerechnet und zwar:

- einzelne Tage
- 2 bis 3 Tage in Folge
- 5 bis 7 Tage in Folge

Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Perioden zu gewährleisten, wurde nicht die Anzahl der Perioden gezählt. Stattdessen wurde die Anzahl der Tage summiert, die in Perioden bestimmter Länge vorkommen. Gibt es beispielsweise in einem Winter zwei Perioden von jeweils 6 Tagen, würde dies eine Summe von 12 Tagen ergeben. Bei einer Summe von 12 Tagen für einzelne Tage bedeutet dies allerdings, dass die Streutage nun einzeln über den Winter verteilt sind. Wenige lange Perioden haben womöglich eine andere Bedeutung für den Winterdienst als viele kurze Perioden.

Winter kostet Millionen



Kurz vor Ostern kam in München der Winter zurück. Das bekam auch der städtischen Winterdienst in diesem Jahr zu spüren. (Foto: Stephan Rumpf)

80 Frosttage, 39 Tage mit Schneefall: Der lange Winter macht sich auch in der Bilanz des Münchner Winterdienstes bemerkbar. 23,5 Millionen Euro kostete es, die Straßen zumindest einigermaßen frei zu halten - 60 Prozent mehr als noch im Vorjahr. Und auch der Verbrauch an Streusalz stieg gewaltig.

ANZEIGE



Winter, zieh dich warm an
Mit LEW Hauswärme können Sie umweltschonend Heizkosten dauerhaft senken.
Jetzt informieren!

Quelle: www.sueddeutsche.de (<http://www.sueddeutsche.de/muenchen/bilanz-des-muenchner-baureferats-winter-kostet-millionen-1.1641300>; Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen eine hohe Anzahl an Streutagen (bis 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. Die große Streuung innerhalb der Region Südlicher Oberrhein liegt darin begründet, dass diese Region sowohl die tiefen Lagen am Oberrhein als auch die Höhenlagen rund um den Feldberg umfasst. Die Klimamodelle geben die beobachtete Anzahl der Streutage gut wieder.

Im Vergleich zwischen Kontrollzeitraum und naher Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplanken-Ensemble) zeigt sich, dass für alle Regionen eine Abnahme der Tage mit Wetterbedingungen für den mittleren Winterdienst erwartet wird. Die Abnahme liegt dabei bei 3 bis 12 Tagen pro Jahr, in der Region Rhein-Neckar befinden sich die Gebiete mit der größten Abnahme. Insgesamt sind die Abnahmen in den übrigen Regionen ähnlich. Innerhalb der Regionen wird in der nahen Zukunft eine ähnliche Spannbreite erwartet wie im Kontrollzeitraum (IMK-Ensemble, vgl. Box-Whisker-Plot). In der fernen Zukunft (2021-2050, Leitplanken-Ensemble) sind Abnahmen in der Anzahl der Streutage um 12 bis 16 Tage gegenüber dem Kontrollzeitraum projiziert.

In Bezug auf Streutage innerhalb von Perioden unterschiedlicher Länge treten in allen Regionen Baden-Württembergs zwischen 10 und 15, vereinzelt bis zu 20 der Streutage an einzelnen Tagen auf (Kontrollzeitraum). Dies bedeutet, dass, unabhängig von den großen Unterschieden in der Gesamtzahl der Streutage, einzelne Tage in allen Regionen ähnlich oft vorkommen. In der nahen Zukunft (IMK- und Leitplanken-Ensemble) wird für die Zahl der einzelnen Tage eine Abnahme um 2 bis 6 Tage erwartet.

Für die Tage innerhalb Perioden von 2 bis 3 Tagen Dauer sieht das Bild der beobachteten Anzahlen an Tagen mit mittlerem Winterdienst deutlich differenzierter aus. Hier treten in den Höhenlagen der Region Südlicher Oberrhein bis 30 Tage pro Jahr innerhalb einer 2- bis 3-tägigen Periode auf. Generell tritt diese Periodenlänge außerdem in der Südhälfte Baden-Württemberg häufiger auf (über 20 Tage) als in der Nordhälfte (10 bis 15 Tage), mit den geringsten Werten entlang des Rheins (Kontrollzeitraum). Die erwarteten Abnahmen in der nahen Zukunft (IMK- und Leitplanken-Ensemble) sind im Vergleich zu den einzelnen Tagen stärker (ca. 6 Tage im Vergleich zu ca. 4 Tagen).

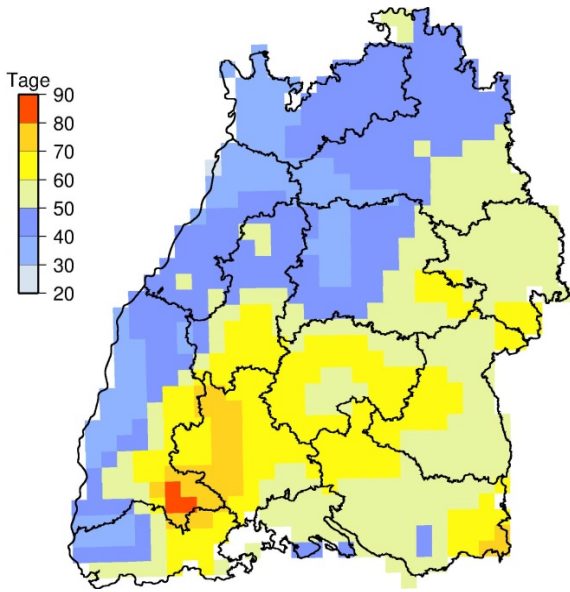
Die Perioden von 5 bis 7 Tagen Dauer treten im Kontrollzeitraum insgesamt am seltensten auf. Am häufigsten treten sie noch im Südschwarzwald und auf dem Schwäbischen Alb auf (bis 20 Tage). Die Änderungen in der nahen Zukunft (IMK- und Leitplanken-Ensemble) zeigen eine eher geringe Abnahme an Tagen inner-

halb einer so langen Periode. Für die Regionen mit einem häufigen Auftreten dieser Periode lässt sich dies damit erklären, dass es Perioden gibt, die in der Vergangenheit länger sind als 7 Tage und nun, als Folge steigender Temperaturen, kürzer werden und in die Periode „5 bis 7 Tage“ fallen. Die Änderungen sind generell für die Periode sehr gering (knapp 20 % der Fläche zeigt eine signifikante Änderung), was eine Aussage zusätzlich erschwert.

Für die ferne Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden für alle Perioden weitere Abnahmen erwartet.

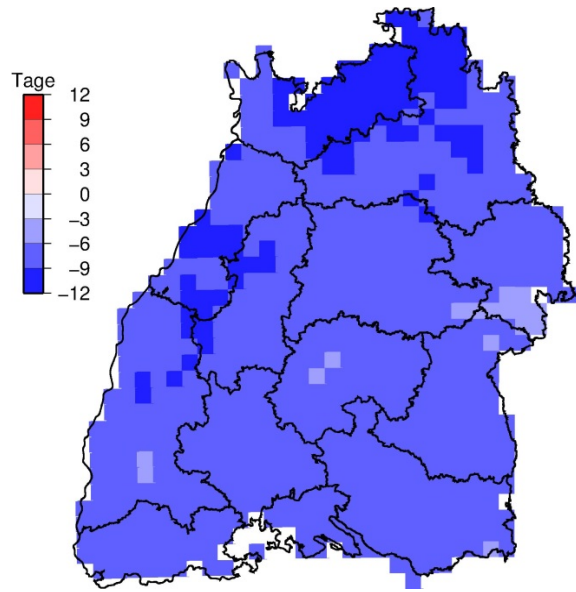
Zu beachten bleibt aber insgesamt die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr. Siehe auch Klimakenngröße „Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“ → Kapitel 4.3.46.

Beobachtungen



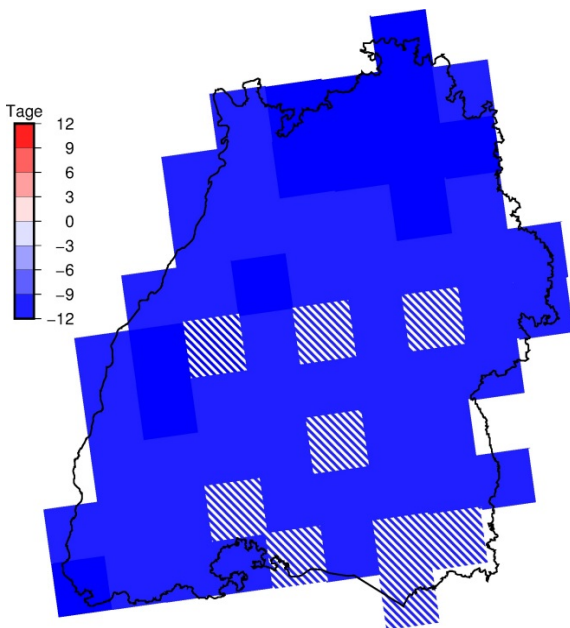
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



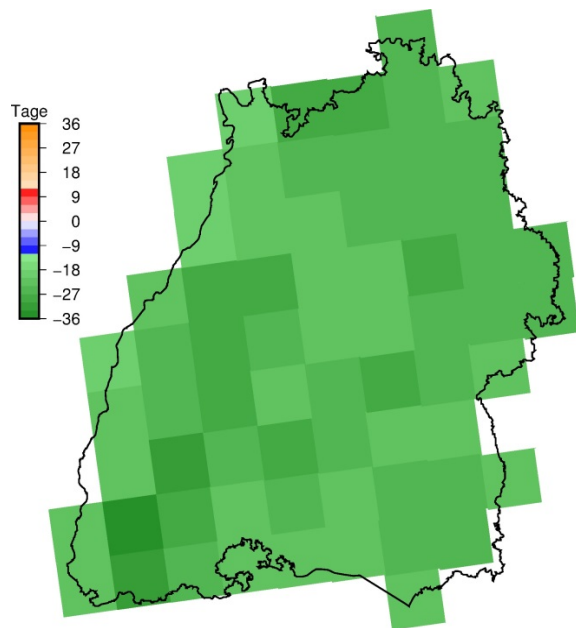
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 182: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“

Tage in einer Periode von 1 Tag

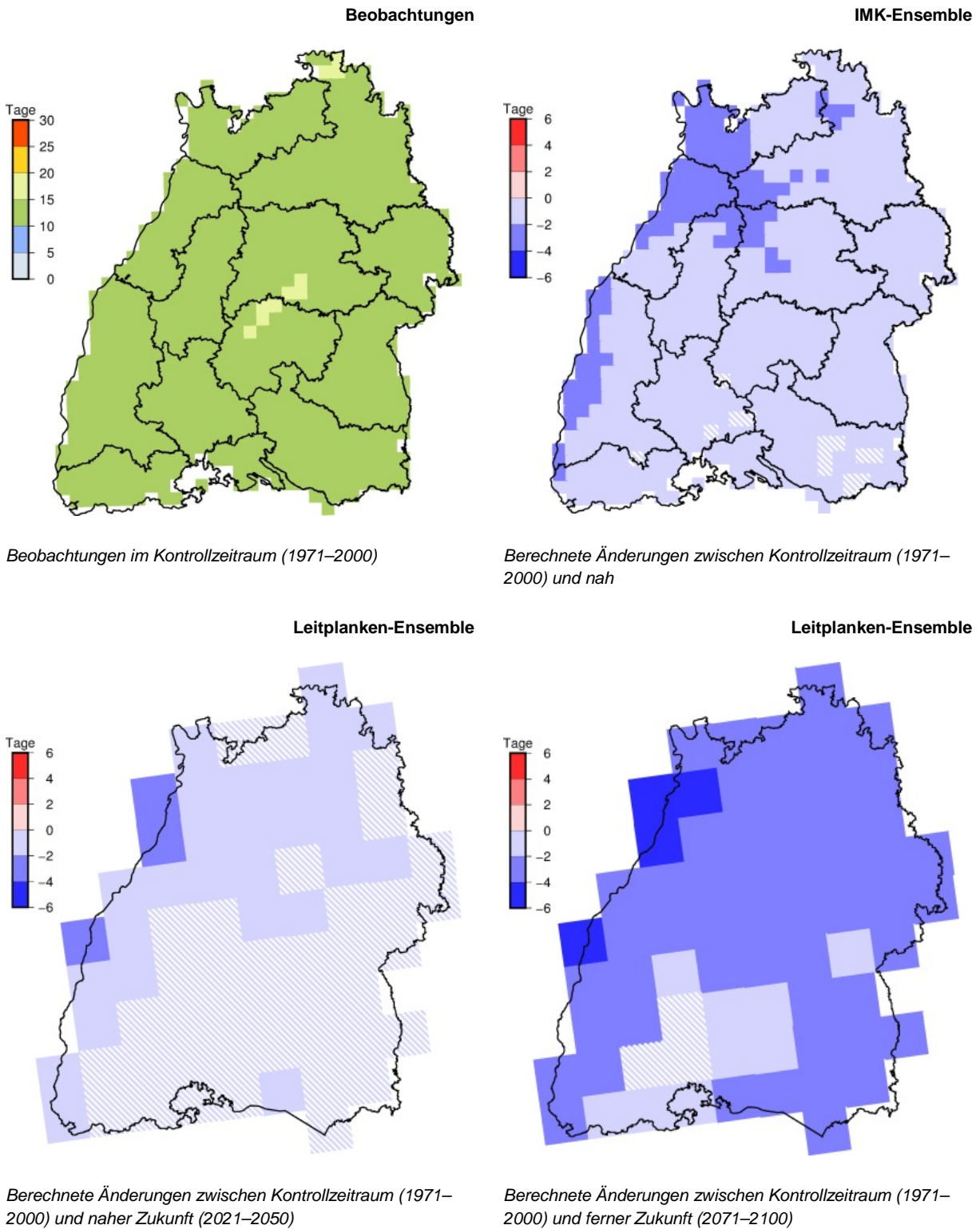


Abbildung 183: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 1 Tag“

Tage in einer Periode von 2 bis 3 Tagen in Folge

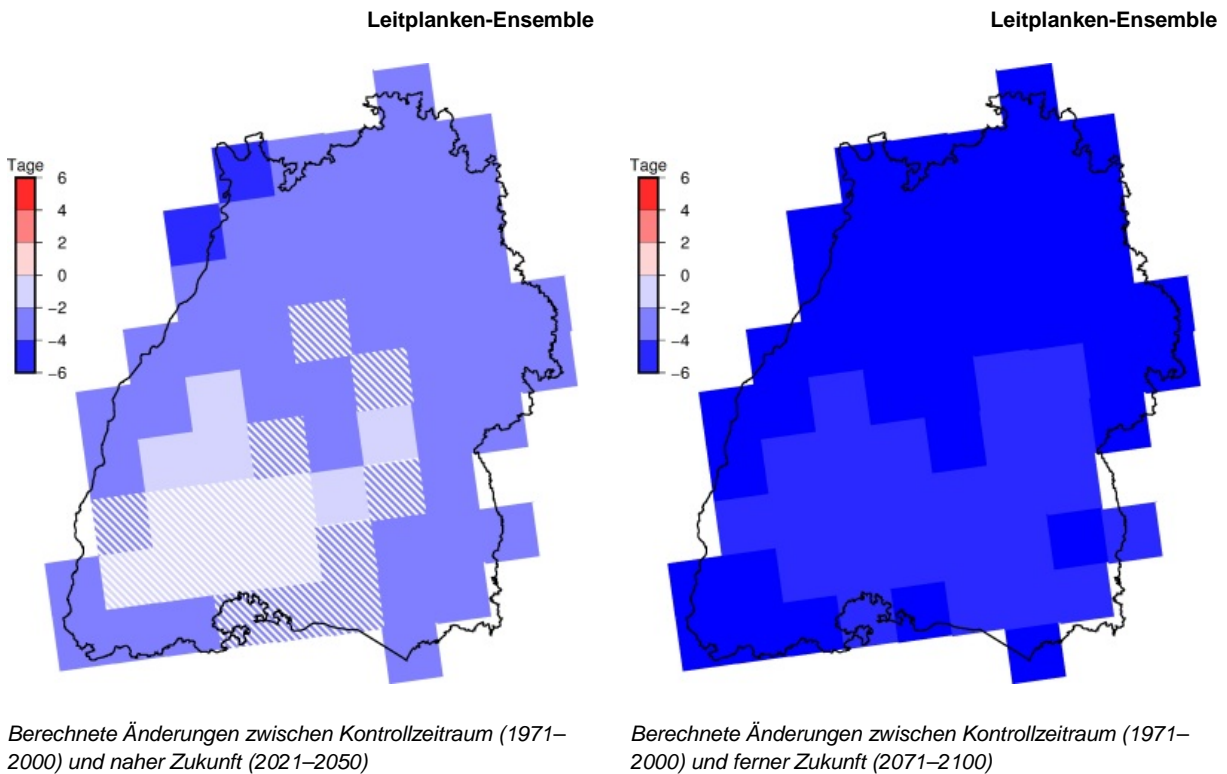
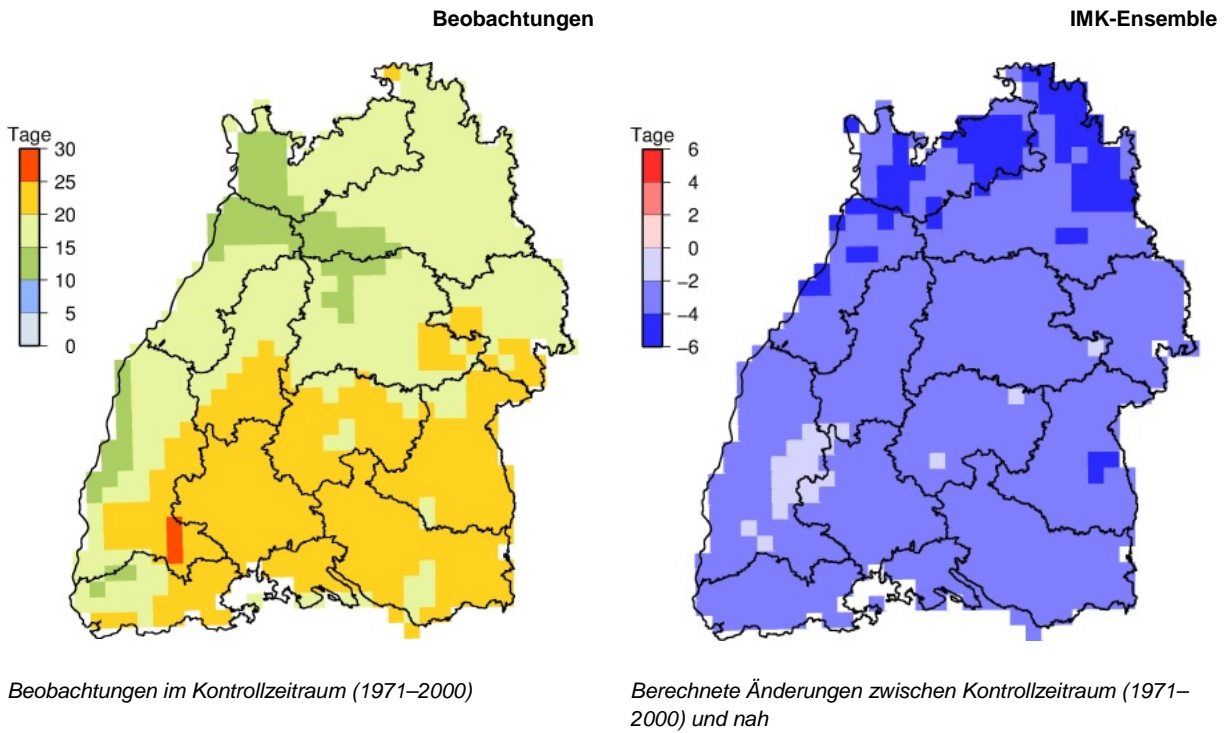
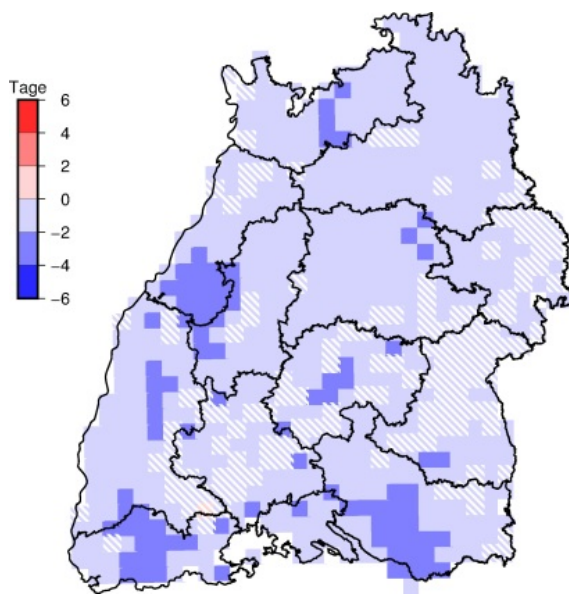
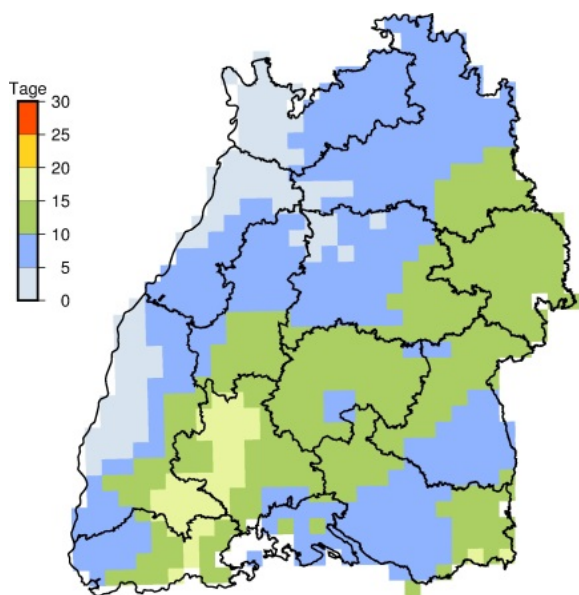


Abbildung 184: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 2 bis 3 Tagen in Folge“

Tage in einer Periode von 5 bis 7 Tagen in Folge

Beobachtungen

IMK-Ensemble

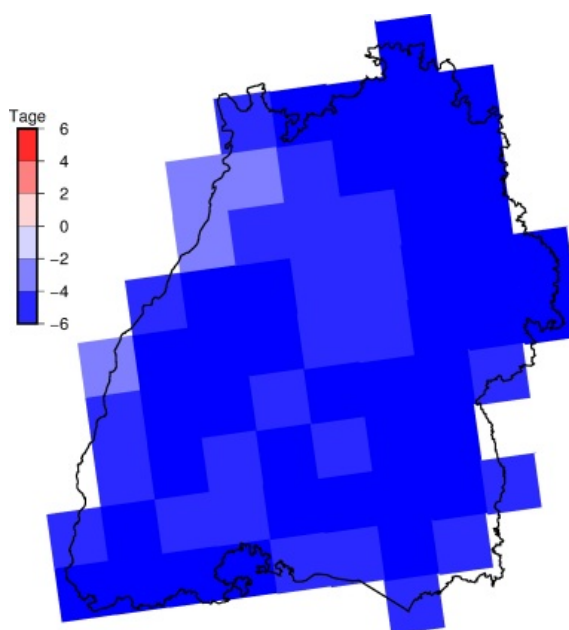
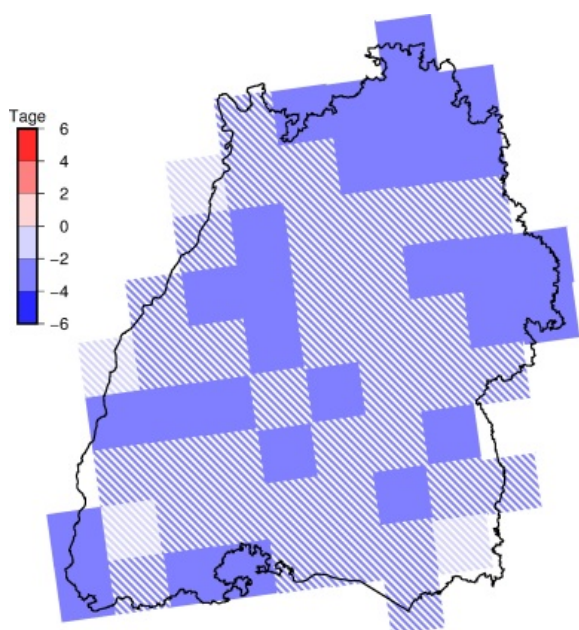


Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nah

Leitplanken-Ensemble

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 185: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 5 bis 7 Tagen in Folge“

Tabelle 65: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	31.8	45.2	52.5	58.7	79.8
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	21.1	48.2	62.0	74.3	120.3
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	29.9	45.4	54.1	60.2	83.6
IMK-Ensemble	1971-2000	26.9	47.5	55.5	61.0	88.2
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	14.3	39.2	49.8	61.2	97.3
IMK-Ensemble	2021-2050	19.8	38.8	47.6	54.0	83.2
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	12.3	28.3	36.7	45.5	78.3

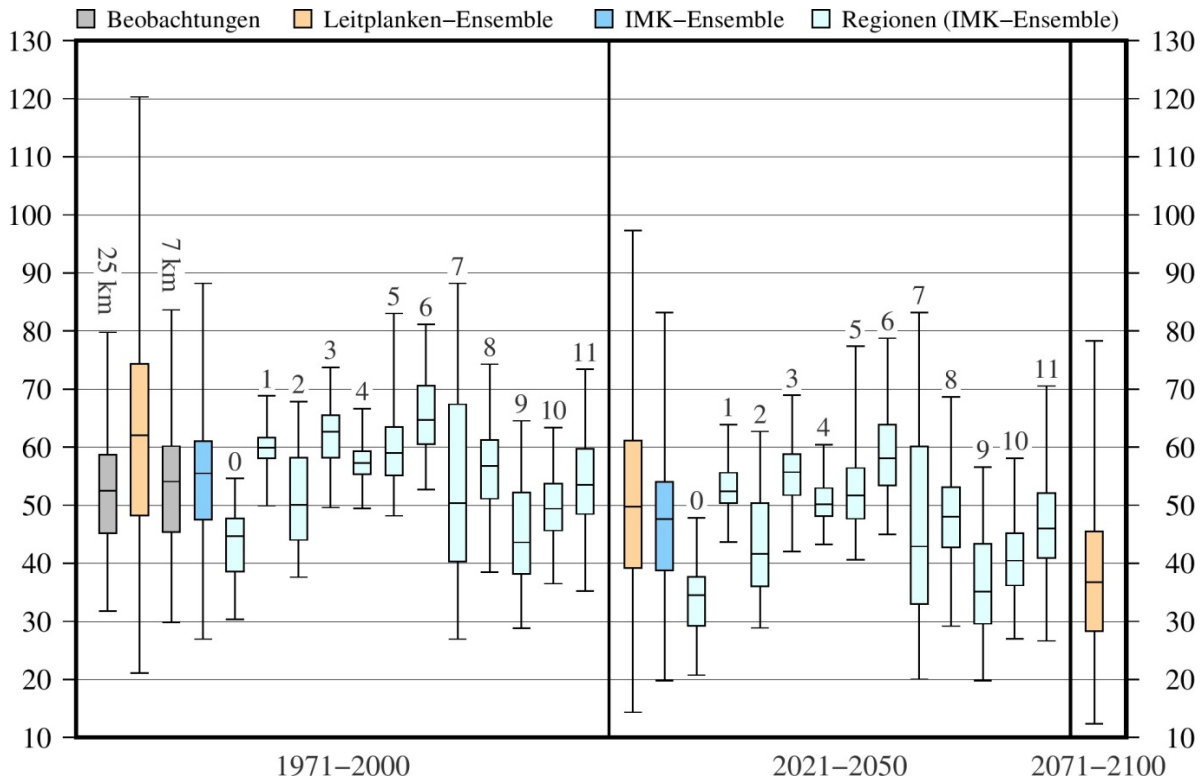


Abbildung 186: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst)

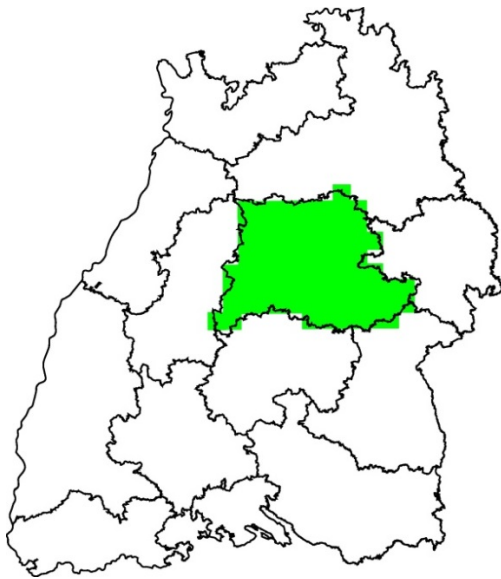
Sensitivitätsampel

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 nimmt damit zu. Das Problem für die Planung ist damit die Variabilität zwischen den Jahren.

Wenn beispielsweise das Personal des Winterdienstes in der Straßenreinigung beschäftigt ist und im Winterdienst auf den zu Streufahrzeugen umgebauten Großkehrmaschinen eingesetzt wird, ist die langfristige Personalplanung nicht unbedingt abhängig von der Zahl der Tage mit erforderlichem Winterdienst. Im Winter bräuchte man nur zeitweise mehr Personal und Fahrzeuge.

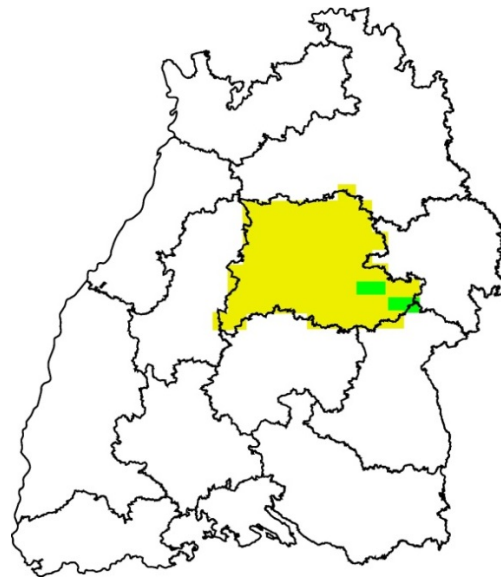
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Region Stuttgart	grün	-10 % (je weniger Abnahme, desto besser)	Keine Angabe	„Wird tendenziell besser, wenn mehr Streutage: Streumittelbevorratung, Bereitschaftsdienste, ...“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Abbildung 187: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“

Definition

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

Wirtschaft / Energiewirtschaft (Winterdienst)

Ein Tag mit „vollem Winterdienst“ ist für Winterdienste ein Tag, an dem sie mit allen verfügbaren Fahrzeugen aufgrund von Schneefall zum Räumen und Streuen von Straßen ausrücken müssen. Als Richtwert dienen hier etwa 5 cm Neuschnee pro Tag, was etwa 5 mm Niederschlag entspricht (im Folgenden auch Streu- und Räumtage genannt). Eine Änderung der Anzahl an Streu- und Räumtagen könnte eine Anpassung des Winterdienstes hinsichtlich des Personals, Salzmenge und Anzahl an Streufahrzeugen notwendig und gegebenenfalls die Anschaffung und Instandhaltung von Streufahrzeugen auf Dauer unrentabel machen. Es spielt hier aber nicht nur die durchschnittliche Veränderung der jährlichen Zahl an Tagen mit vollem Winterdienst eine Rolle, sondern auch die Variabilität von Jahr zu Jahr. Außerdem ist wichtig, auch die in Zukunft auftretende absolute Anzahl von Tagen mit vollem Winterdienst zu kennen. Siehe auch Klimakenngröße „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“ → Kapitel 4.3.45.

Klimatologie

Die Beobachtungen zeigen im Hochschwarzwald mit rund 25 bis 35 Tagen die größte Zahl an Tagen, an denen „voller Winterdienst“ notwendig ist. Die geringste Anzahl (unter 5) findet sich in den Regionen des Südlichen und Mittleren Oberrheins sowie in Teilen der Regionen Rhein-Neckar, Heilbronn-Franken und Stuttgart. Das Gebiet im Südosten der Region Bodensee-Oberschwaben zeigt nochmal lokal hohe Werte von rund 25 Tagen mit vollem Winterdienst.

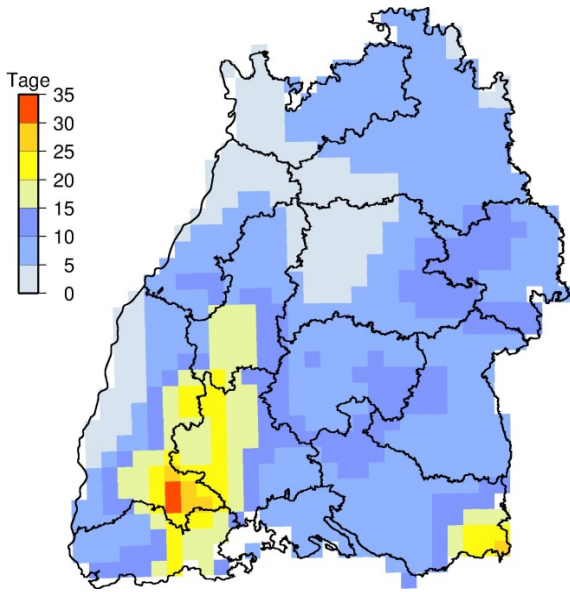
Die Klimamodelle berechnen eine etwas zu hohe absolute Zahl an Tagen mit vollem Winterdienst, sodass im Folgenden vor allem auf die erwarteten Änderungen, nicht auf die absoluten Zahlen, Bezug genommen wird.

In der nahen Zukunft (2021-2050, IMK- und Leitplankenensemble) wird für ganz Baden-Württemberg eine Abnahme der durchschnittlichen Anzahl der Tage mit vollem Winterdienst erwartet. Die stärkste Abnahme findet sich in den Regionen Nordschwarzwald und Hochrhein-Bodensee. Zum Teil bis zu 6 Tage mit vollem Winterdienst weniger pro Jahr werden dort erwartet. Im Rheingraben und in der Region Stuttgart ist die Abnahme geringer (bis zu 2 Tage), wobei dort auch insgesamt wenige Tage (< 5) pro Jahr beobachtet werden. Angemerkt werden muss, dass die erwartete Abnahme im Hochschwarzwald zwar groß ist, trotzdem werden in der nahen Zukunft weiterhin jährlich durchschnittlich 15 bis 20 Tage mit Wetterbedingungen für vollen Winterdienst erwartet. In der Rheinebene und in der Region Stuttgart dagegen ist die Abnahme zwar deutlich geringer, die absolute Zahl ist aber schon sehr niedrig. Eine kritische Grenze, ab wann Anpassungsmaßnahmen notwendig werden könnten, ist hier deswegen viel schneller erreicht.

In der fernen Zukunft (2071-2100, Leitplanken-Ensemble) werden fast in ganz Baden-Württemberg Abnahmen in der Zahl der Tage mit vollem Winterdienst um 5 bis 18 Tage erwartet. Nur entlang des Rheins sind die erwarteten Abnahmen geringer (2 bis 4 Tage), dort ist allerdings auch schon die beobachtete Anzahl teilweise kleiner als 5 Tage.

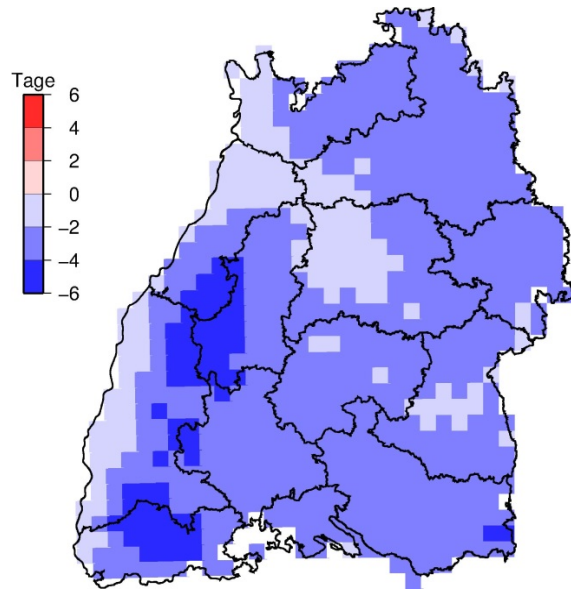
Zu beachten bleibt aber insgesamt die hohe Schwankungsbreite der Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr. Siehe auch Klimakenngröße „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“ → Kapitel 4.3.45.

Beobachtungen



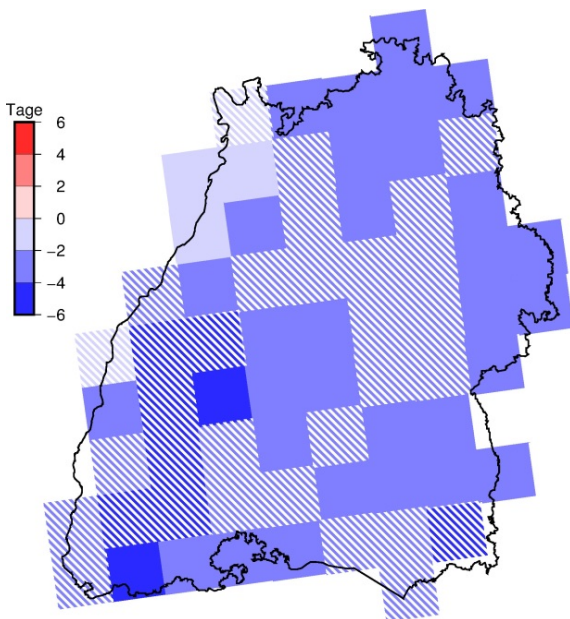
Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



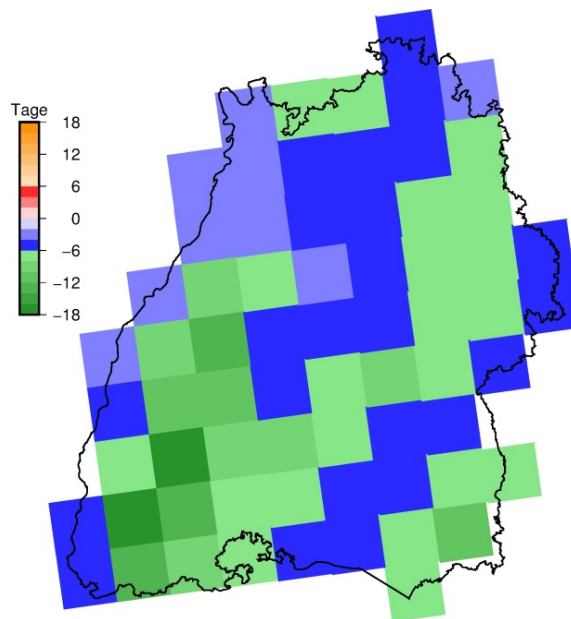
Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nah

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Leitplanken-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und ferner Zukunft (2071–2100)

Abbildung 188: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“

Tabelle 66: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Wetterbedingungen für vollen Winterdienst)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
Beobachtungen (25 km)	1971-2000	2.2	6.0	8.2	10.8	28.4
Leitplanken-Ensemble	1971-2000	1.7	6.4	10.0	14.9	55.2
Beobachtungen (7 km)	1971-2000	2.2	6.1	8.3	11.2	33.9
IMK-Ensemble	1971-2000	2.3	9.4	13.0	16.9	43.8
Leitplanken-Ensemble	2021-2050	0.9	4.6	7.1	11.1	37.4
IMK-Ensemble	2021-2050	0.9	6.9	10.3	14.0	41.0
Leitplanken-Ensemble	2071-2100	0.4	2.5	4.2	6.6	25.6

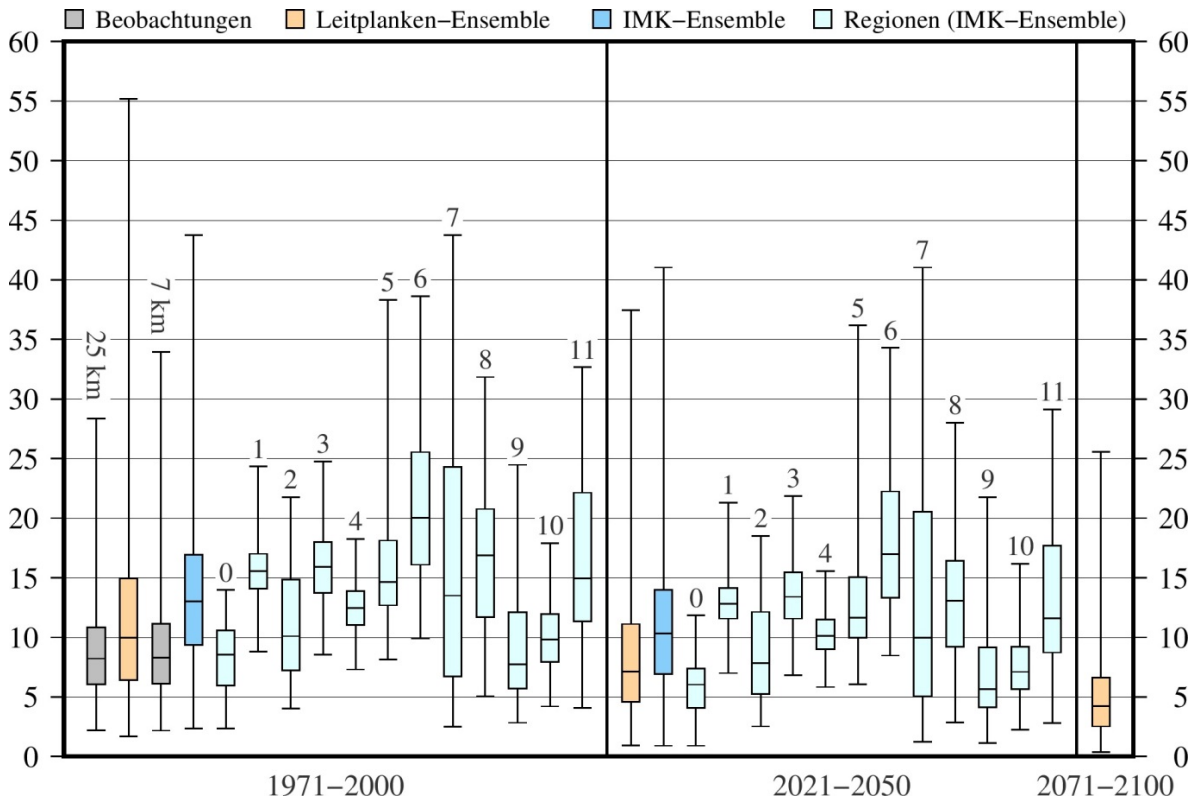
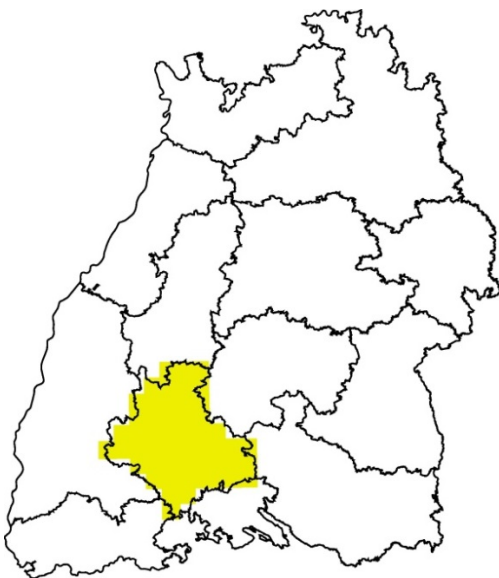


Abbildung 189: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (voller Winterdienst)

Sensitivitätsampel

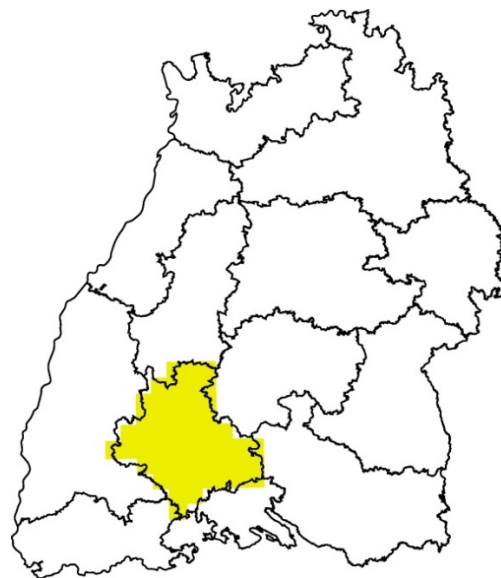
Region	Heutiger Bereich	Übergang grün ⇔ gelb	Übergang gelb ⇔ rot	Notwendige Anpassungsmaßnahmen
Schwarzwald-Baar-Heuberg	gelb	-50 %	+25 %	„Schneefall: Ausrücken des Räumdienstes ab 5 cm Schneehöhe zwingend. Bei derzeit ca. 70 bis 90 Einsatztagen im Winter kann Anpassung der Personalveränderungen bei obigen Werten erfolgen.“ (Experteneinschätzung)

Beobachtungen



Beobachtungen im Kontrollzeitraum (1971–2000)

IMK-Ensemble



Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und nahe Zukunft (2021–2050)

Abbildung 190: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“

Definition

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

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

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 (Stromleitungen, Bahnoberleitungen) verursachen und Gefahren für Menschen darstellen (herumfliegende Gegenstände, umstürzende Bäume). Ein Beispiel für einen sehr schadensträchtigen Sturm für die Wälder im Schwarzwald war Orkan Lothar 1999.

STURM

Vier Tote durch Orkan Niklas

Sturmtief Niklas verursacht bundesweit Verkehrsprobleme und Schäden. Drei Menschen wurden umstürzenden Bäumen erschlagen, ein Mann von einer Mauer.

Das Sturmtief Niklas zieht über Deutschland. Im Sturm sind vier Menschen umgekommen. Zahlreiche Menschen sind vom eingeschränkten Bahnverkehr betroffen. In Niedersachsen stellte die Deutsche Bahn den gesamten Regionalverkehr ein, in München wurde die Haupthalle des Bahnhofs aus Sicherheitsgründen geschlossen.

In Rheinland-Pfalz erschlug ein vom Sturm umgestürzter Baum zwei Menschen. Wie die Polizei mitteilte, fiel der Baum bei Montabaur im Westerwald auf ein Dienstfahrzeug der Straßenmeisterei. In Sachsen-Anhalt wurde ein Hausbesitzer aus Groß Santerleben vor seiner Haustür von einer umstürzenden Betonmauer erschlagen. Im bayerischen Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen ist eine Frau in ihrem Auto von zwei umstürzenden Bäumen erschlagen worden.

Quelle: [www.zeit.de](http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-03/sturm-deutsche-bahn-verkehr-nordrhein-westfalen) (<http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-03/sturm-deutsche-bahn-verkehr-nordrhein-westfalen>; Zugriff: 21.01.2016)

Klimatologie

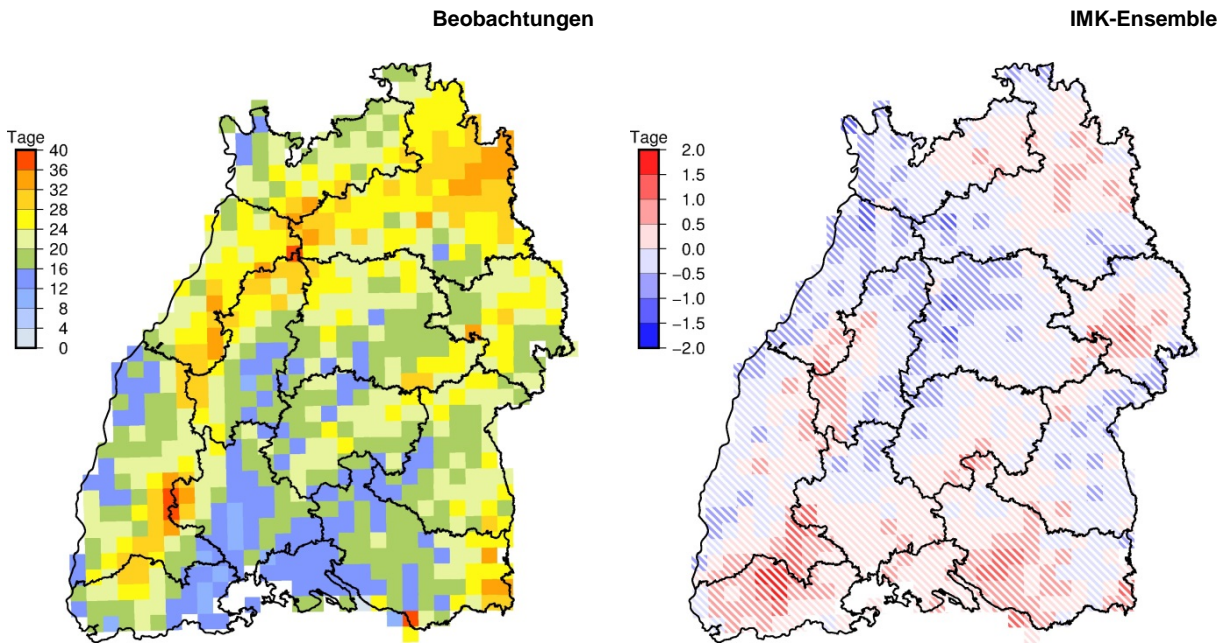
Im Kontrollzeitraum (1971-2000) zeigen die Beobachtungen in Baden-Württemberg durchschnittlich zwischen 4 und über 30 Tage pro Jahr mit Böen zwischen 75 und 100 km/h. Über 30 Tage treten in den höheren Lagen des Schwarzwaldes und in der Region Heilbronn-Franken auf, unter 16 Tage in den Regionen Hochrhein-Bodensee und direkt am Rhein, wobei kein eindeutiges räumliches Muster zu erkennen ist. Windböen über 100 km/h treten an deutlich weniger Tagen pro Jahr auf, in den meisten Regionen zwischen 0 und 2mal pro Jahr und nur an einzelnen Gitterpunkten bis zu fünfmal.

Für die nahe Zukunft (2021-2050, IMK-Ensemble) werden keine statistisch signifikanten Änderungen erwartet, weder für Böen zwischen 75 und 100 km/h noch für Böen über 100 km/h, wie auch im Box-Whisker-Plot zu sehen. Für diese Klimakenngröße liegen keine Daten des Leitplanken-Ensembles vor.

Sensitivitätsampel

Es konnten im Rahmen des vorliegenden Projektes keine eindeutigen Grenzen für die Sensitivität in den Handlungsfeldern bzw. Branchen festgelegt werden.

Böen zwischen 75 und 100 km/h

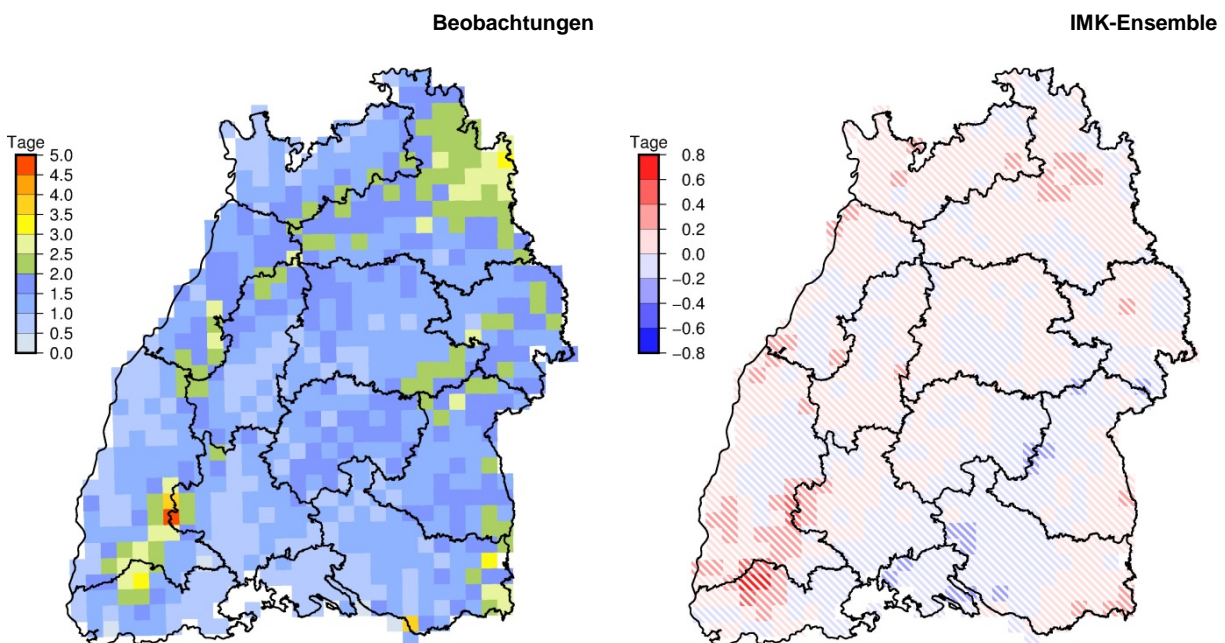


Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 191: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Böen zwischen 75 und 100 km/h“

Böen über 100 km/h



Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungen vor, daher wird der Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971–2000) dargestellt.

Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971–2000) und naher Zukunft (2021–2050)

Abbildung 192: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Böen über 100 km/h“

Böen zwischen 75 und 100 km/h

Tabelle 67: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Böen zwischen 75 und 100 km/h)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	3.4	17.0	20.7	25.1	44.0
IMK-Ensemble	2021-2050	3.8	17.0	20.6	25.0	42.9

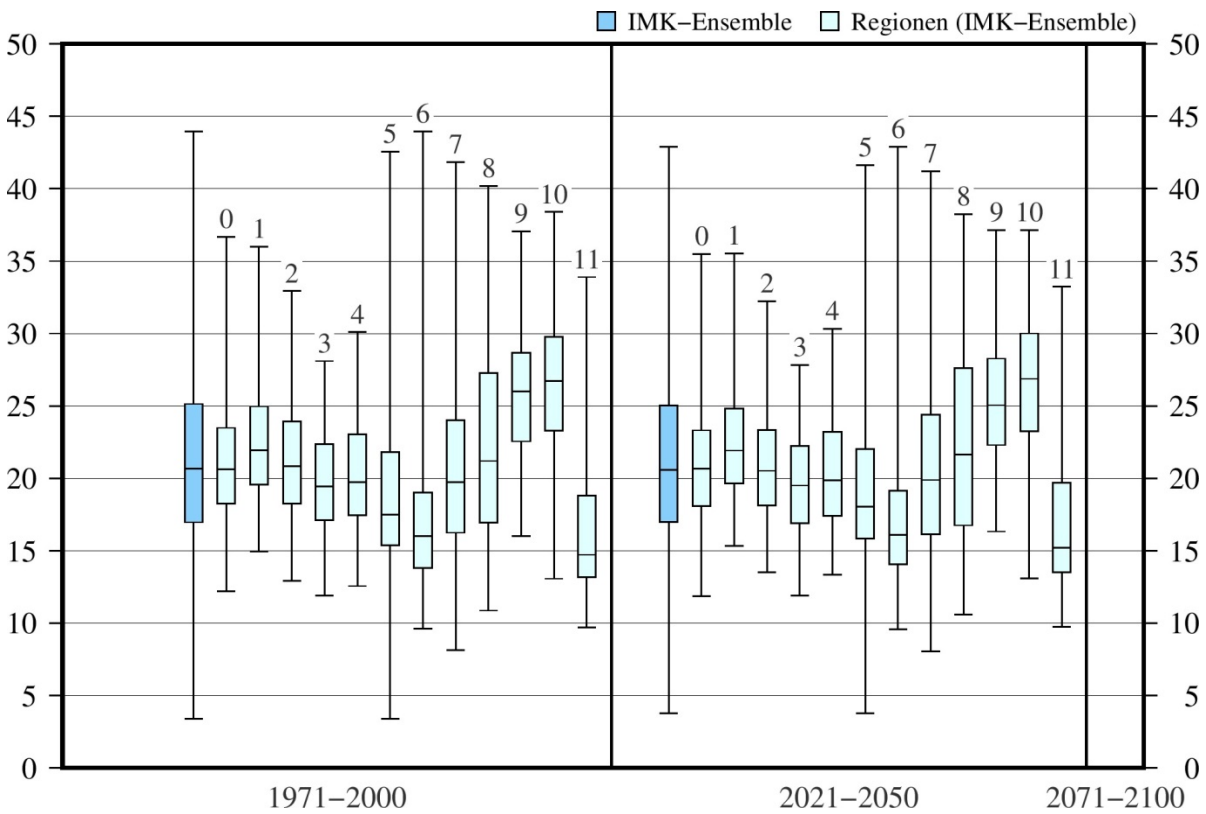


Abbildung 193: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Böen zwischen 75 und 100 km/h)

Böen über 100 km/h

Tabelle 68: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Böen über 100 km/h)

Datensatz	Periode	Min	25 %	Median	75 %	Max
IMK-Ensemble	1971-2000	0.0	1.0	1.3	1.8	5.3
IMK-Ensemble	2021-2050	0.0	1.0	1.3	1.8	5.9

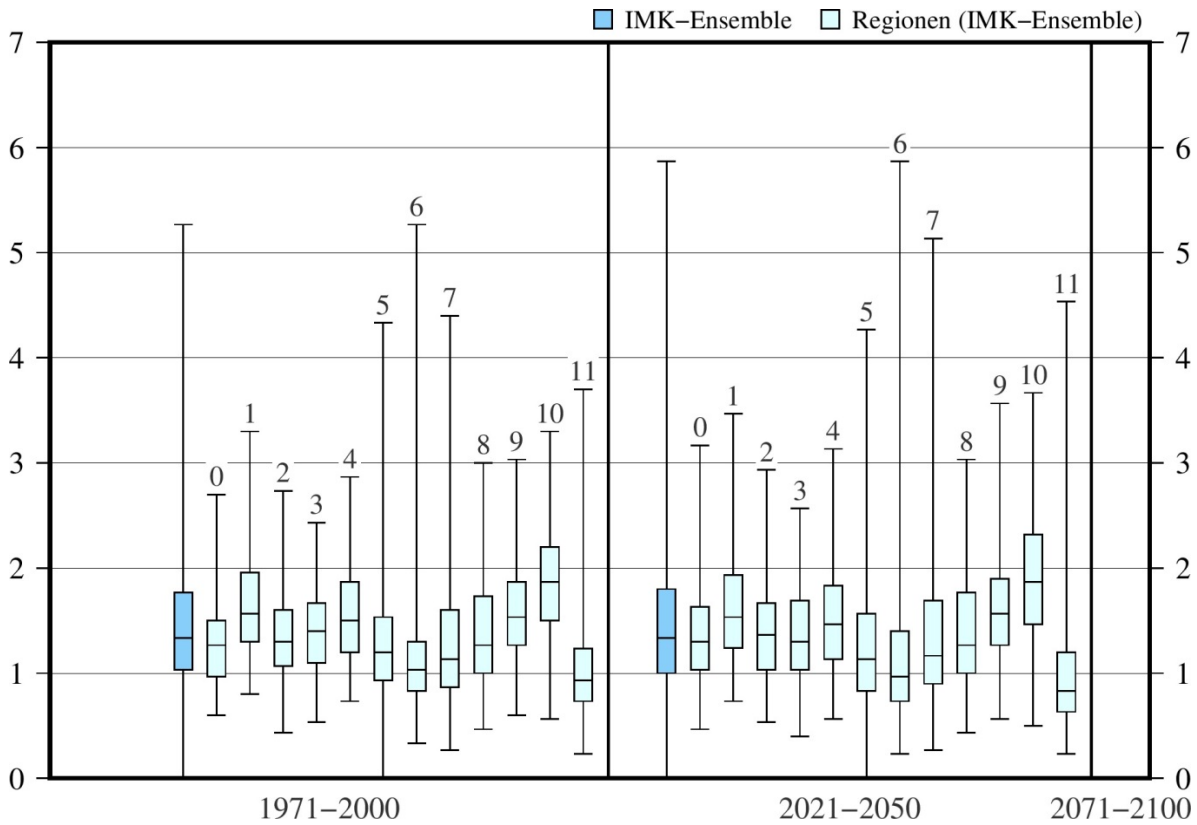


Abbildung 194: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Böen über 100 km/h)

5 Diskussion

Ziel des vorliegenden Projektes war zu erfahren, inwiefern regionale Klimasimulationen bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in Baden-Württemberg nützlich sein können. Der gewählte Ansatz verwendet dafür unterschiedliche Klimakenngrößen, welche von Fachexperten und kommunalen Vertretern und Vertreterinnen genannt wurden. Die Frage nach Klimakenngrößen, deren zukünftige Entwicklung für eine Kommune oder ein Unternehmen wichtig wäre zu kennen, war zum Teil schwierig zu beantworten. Ein Grund war, dass das Thema Klimaanpassung offensichtlich oft im täglichen Arbeiten noch keine feste Rolle hat. Gerade in Kommunen ist der Bereich Klimaschutz bereits viel weiter entwickelt und konkrete Maßnahmen werden bereits umgesetzt.

Hinzu kommt, dass in Kommunen oft erst die Sensitivität gegenüber Klimaänderungen erkannt wird, wenn Schäden durch ein Wetterereignis eintreten, da bis dahin das Thema Klimaanpassung eine geringe Priorität gegenüber anderen, akuten Herausforderungen hat. Der Bürgermeister einer Kommune formulierte es so: „Entweder es ist Not da oder eine Finanzierung, damit in einem Bereich etwas getan wird.“

Außerdem zeigte sich bei der Frage nach den Sensitivitätsbereichen bei Änderungen einer Klimakenngröße, dass diese Quantifizierung in vielen Fällen schwierig und zum Teil auch unmöglich war. Es wurde deutlich, dass in Städten der Prozess der Klimawandelanpassung nicht an festen Größen, Grenzen oder Schwellenwerten festgemacht wird, sondern an generellen zu erwartenden oder schon beobachteten Entwicklungen. Denn es ist weitgehend unklar, ab welcher Erhöhung von beispielweise der Zahl an Hitzetagen tatsächlich eine negative Wirkung entsteht. Wenn solche Grenzen gesetzlich verankert wären, könnte sich die Stadtplanung darauf beziehen und wäre entsprechend verpflichtet, Maßnahmen zu treffen. Das Problem bleibt dann aber der Bau-Bestand, in dem sich der Ist-Zustand nicht einfach ändern lässt. Denn vergleichsweise schnell umsetzbare Lösungen, wie beispielsweise im Fall des passiven Lärmschutzes, der bereits durch den Einbau von Schallschutzfenstern merklich verbessert werden kann, bestehen für die Klimaanpassung nicht. „Wohlfühlgrößen“, also Größen, bei deren Überschreitung sich Personen zum Beispiel durch Hitze belastet fühlen, sind nicht fassbar und daher im Bauleitplan- und im Baugenehmigungsverfahren nicht vermittelbar.

Klimaschutzmaßnahmen müssen sowohl in der Bauleitplanung als auch bei der Umsetzung des konkreten Bauvorhabens berücksichtigt werden. Auch die Klimaanpassung wurde durch den Gesetzgeber mit dem Änderungsgesetz 2011 in die allgemeinen Aufgaben der Bauleitplanung nach § 1 Absatz 5 Baugesetzbuch (BauGB) aufgenommen. Im Rahmen der sog. Klimaschutznovelle wurden die Planungsträger zudem durch Einfügen des § 1a Absatz 5 BauGB verpflichtet, den Erfordernissen des Klimaschutzes durch Berücksichtigung im Rahmen oder Abwägung Rechnung zu tragen; sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Seither müssen Maßnahmen zugunsten des Klimaschutzes, die in einem Bauleitplan dargestellt oder festgesetzt werden, nicht mehr allein städtebaulich begründet werden, sondern können auch allein aus Gründen des allgemeinen Klimaschutzes festgesetzt werden. Darüber hinaus bestehen für die einzelnen Bauvorhaben weitere Klimaschutzmaßnahmen nach dem Energiefachrecht.

Rückmeldungen von kommunalen Experten auf die Befragung unter Kommunen waren beispielsweise „Erfahrungsgemäß gibt es „gefühlte“ Ereignisschwellen, die Entscheidungen für ein gerichtetes Handeln bedingen. Eine exakte Beantwortung [nach den Bereichen und Grenzen] erforderte aufwändige statistische Auswertungen.“ sowie „Bei Ihrer ersten Befragung wurde uns, auch aus der Rückmeldung der anderen Fachämter, bewusst, dass quantitative Aussagen zu möglichen Risikoschwellenwerten mit (zu) hohen Unsicherheiten behaftet sind. Dazu kommt, dass in den Bereichen, in denen Maßnahmen mit größerem finanziellen Volumen umgesetzt werden müssen, wie z. B. im Hochwasserschutz, Kommunen nicht allein agieren können und von einer zeitnahen Anpassung von Regelwerken hinsichtlich der Bemessungsgrundlagen (z. B. Häufigkei-

ten von Überschwemmungen, Regenreihen u. ä.) abhängig sind – erst recht, wenn Maßnahmen im Rahmen von EU-Richtlinien (WRRL, HWRMRL) umzusetzen sind.“

Eine weitere Herausforderung bei der Einteilung der Sensitivität war die Verknüpfung der Stufen mit den Kosten der Maßnahmen. Das heißt, dass bei einer starken Änderung der klimatischen Bedingungen nicht zwangsläufig mit hohen Kosten reagiert werden muss. Ein Vertreter der Stadt Karlsruhe formulierte dies am Beispiel der Klimakenngröße „Anzahl und Dauer von Hitzeperioden“ so: „Bei der Kenngröße "Anzahl und Dauer von Hitzeperioden" würde ich den Karlsruher Bedarf an Anpassungsmaßnahmen bereits heute als stark bzw. rot einstufen. Laut Ihrer Tabelle bedingt dies aber automatisch auch hohe Kosten und aufwendige Maßnahmen. Dies würde meines Erachtens nicht immer ganz zutreffen, da man doch viele Maßnahmen umsetzen kann, ohne direkt hohen Aufwand zu betreiben bzw. auch hohe Kosten zu verursachen. Vielmehr bedingt ein starker Anpassungsbedarf die Tatsache, dass viele Maßnahmen ergriffen werden bzw. man als Stadt das maximal mögliche unternimmt. Diese Maßnahmen können dann im Einzelnen durchaus unkompliziert sein (gelb) oder auch geringe Kosten verursachen (grün), wie z. B. die Sensibilisierung / Information der Bevölkerung.“

Gerade in kleineren Städten ergab die Befragung außerdem, dass als Hinderungsgrund, um sich mit dem Thema Klimaanpassung zu befassen, mehrfach die Unkenntnis über geeignete Datenquellen genannt wurde. Dieses zu ändern wäre relativ einfach, da bereits viele Zusammenstellungen zum Thema Klimawandel und Klimaanpassung auf viele unterschiedlichen Ebenen existieren, die lediglich bekannter gemacht werden müssten.

Andererseits war für viele Gesprächspartner die Frage nach ihren Erfahrungen zum Thema Klima und ihrem eventuellen Bedarf an Daten und Informationen ungewohnt. Dies spiegeln spontane Antworten wie „Wir benutzen die Größen, die die Wissenschaft uns vorgibt“ oder „Über individuelle Klimakenngrößen haben wir uns bisher noch nie Gedanken gemacht – aber es wäre interessant“. Die Rückkopplung zwischen Wissenschaft und Anwendung ist wesentlich für das gegenseitige Verständnis zwischen den Klimawissenschaften und dem in den Branchen vorhandenen Wissen. Damit unterstützt dieses Projekt eine branchenspezifische Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen der untersuchten Handlungsfelder in Baden-Württemberg an den Klimawandel. Hier sollten weitere sehr stark austauschbasierte Projekte ansetzen, die das Expertenwissen in Kommunen und Unternehmen nutzen und die Rückkopplung an die Klimawissenschaft betonen.

Im Projekt zeigte sich, dass Experten oft großes Interesse an bestimmten Klimakenngrößen haben, ihnen bisher aber unbekannt war, dass man diese auch aus den Daten von regionalen Klimamodellsimulationen bestimmen kann. Denn bisher werden häufig lediglich meteorologisch definierte Größen ausgewertet, wie Temperaturmittelwerte oder Niederschlagssummen oder abgeleitete Größen wie Sommer- oder Eistage. In der Praxis zeigt sich aber, dass vor allem kombinierte Größen aus Temperatur- und Niederschlagsgrenzwerten von Bedeutung sind und dass neben Häufigkeiten auch die Andauern bestimmter Wettersituationen für viele Entscheidungen eine wesentliche Rolle spielen. Dabei sind natürlich nicht alle Größen von gleich großer Bedeutung. Es gibt Größen, die viele Bereiche, viele Menschen betreffen und von denen Investitionen oder Kosten abhängen (Beispiel Tage mit Winterdienst, Hitzetage). Das Auftreten bestimmter Ereignisse kann zu Schäden führen, die entweder materieller Natur sind (zum Beispiel Starkregen) oder die Gesundheit der Bevölkerung beeinträchtigen (Wetterwechsel, Ausbreitung von Pollen). Daneben gibt es aber auch Größen, die zwar von praktischer Bedeutung sind, für die allerdings bei Veränderungen keine direkten Folgen entstehen (zum Beispiel Spaziertage).

Einige Klimakenngrößen, die in den Befragungen genannt wurden, konnten nicht ausgerechnet werden. Zum Teil lagen dazu notwendige Klimamodelldaten nicht vor, beispielsweise Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 140 m Höhe (Branche Windenergie) oder Bodenfeuchte (Handlungsfelder Boden, Landwirtschaft; Wald und Forstwirtschaft: Gefahr von umstürzenden Bäumen aufgrund durchnässten Bodens), oder Eingangsgrößen für biometeorologische Indizes. In andere Fällen war die Klimakenngröße nicht mithilfe meteorologischer Parameter beschreibbar, da der Zusammenhang, beispielsweise für die Wassertemperatur

in Flüssen oder das Auftreten oder die Fortpflanzung von Schädlingen zwar witterungsgesteuert ist, aber nicht mit konkreten Zahlen für Temperatur, Niederschlag oder Luftfeuchte beschrieben werden kann. Ähnliches gilt beispielsweise für Größen der Luftqualität. Wieder andere Größen sind zwar rein meteorologischer Natur, beispielsweise das Auftreten von Gewittern oder Hagel (Branchen Versicherungswirtschaft, Obstbau), die zugrunde liegenden Prozessen können aber nach heutigem Stand der Forschung in Klimamodellen nicht ausreichend beschrieben und daher auch nicht explizit berechnet werden.

Insgesamt sind viele der berechneten Klimakenngrößen neben der reinen Meteorologie auch von anderen Größen beeinflusst. Beispielsweise spielt für die Entstehung von Hochwasser neben den reinen Niederschlagsmengen auch die Landnutzung im Einzugsgebiet eines Flusses, die Vorfeuchte des Bodens, die Größe des Einzugsgebietes und die Hochwassersituation an den Vorflutern eine Rolle. Solche Einflüsse konnten im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt werden.

Gezeigt wurde eine ganze Reihe an Klimakenngrößen, welche in direktem Austausch mit Fachexperten entstanden sind. Auch wenn nicht alle Klimakenngrößen weitreichende Anpassungsmaßnahmen nach sich ziehen, gab es eine eindeutige Nachfrage nach der zukünftigen Entwicklung dieser Größen. Für viele Klimakenngrößen kann die Entwicklung laut den Fachexperten Unterstützung bei der Erstellung von Anpassungsmaßnahmen bieten. Die Liste der Klimakenngrößen ist bei weitem nicht vollständig, zeigt jedoch das Potential einer engen Verknüpfung zwischen den Klimawissenschaften und anwendungsbezogene Nutzer auf.

6 Schlussbetrachtung

Das vorliegende Projekt ist ein erster Ansatz der Kopplung von Wissenschaften und Praxis, um die Anwender von der breiten Verwendbarkeit regionaler Klimasimulationen zu überzeugen. Dies geschieht am besten anhand von Größen, die diesen aus ihrer Erfahrung und täglichen Anwendung bekannt sind. Primäres Ziel des Projektes war die Verknüpfung der Erfahrungen von Klimawissenschaftlern mit den Erfahrungen von Praktikern verschiedener Handlungsfelder, um einen echten Dialog zu initiieren.

Über das Projekt hinaus gab es Anfragen zu weiteren Gesprächen in einigen Handlungsfeldern und Nachträge zu einzelnen Klimakenngrößen. Im Wissenschaftsbereich konnte das Projekt auf mehreren Tagungen (national und international) in Form von Postern und Vorträgen gezeigt werden, wo es auf positive Resonanz stieß und zu vertiefenden Diskussionen führte (Hackenbruch et al., 2015; Schipper et al., 2016). Außerdem ergab sich die Möglichkeit, erste Ergebnisse im Städtetag Baden-Württemberg sowie kommunalen Netzwerken zur Klimaanpassung vorzustellen.

Sowohl die Anwender in den Kommunen und Unternehmen konnten während des Projekts neue Ansichten in Bezug auf Klimasimulationen und die Auswertemöglichkeiten in Hinblick auf ihre spezifischen Anwendungsfragen bekommen. Auch für die Klimawissenschaften ergab sich ein Einblick in die kommunale Klimaanpassung, in die Arbeitsweisen in der kommunalen Planung und in die bisherige Priorisierung und Hemmnisse in diesem Bereich. Das Potential auch zukünftiger Zusammenarbeit wurde daher von beiden Seiten als sehr groß eingeschätzt. In vielen Fällen wurde ein weiterer Austausch als erstrebenswert eingeschätzt. In einem Fall ergab sich bereits die Bearbeitung einer konkreten Fragestellung in einer Bachelorarbeit sowie eine Option für ein wissenschaftliches Projekt aus Bundesmitteln, um die Klimawirkung auf die Gesundheit genauer zu untersuchen. Der verfolgte Ansatz ist außerdem auch auf andere Länder und weitere Handlungsfelder übertragbar.

Grundsätzlich ist zu erwähnen, dass die Ergebnisse in diesem Bericht zum großen Teil auf einzelnen Erfahrungswerten basiert. Da eines der Ziele des Projekts die Anbindung der Erfahrungen der Experten an die Ergebnisse der regionalen Klimasimulationen war, lässt sich dies anhand einzelner Erfahrungswerte gut prüfen. Eine allgemeingültige Interpretation der Ergebnisse ist allerdings nicht möglich. Es ist daher empfehlenswert für einige Größen weitere Untersuchungen durchzuführen.

7 Literaturverzeichnis

- Baur, N., und Blasius, J. (2014): Handbuch der empirischen Sozialforschung. Springer eBook.
- 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
- Frick, C., H. Steiner, A. Mazurkiewicz, U. Riediger, M. Rauthe, T. Reich und A. Gratzki, 2014: Central European high-resolution gridded daily data sets (HYRAS): Mean temperature and relative humidity, Meteorologische Zeitschrift Vol. 23 No. 1, p. 15-32
- Hackenbruch, J., Schipper, H., Nerding, K.-U., Kunz-Plapp, T., Schädler, G. (2015): Identifying "practical climate parameters" for regional adaptation planning. ECCA 2015 - "European Climate Change Adaptation Conference", Kopenhagen, Dänemark. Vortrag.
- 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 Warmluftstättrocknern, S.189).
- Kunz-Plapp, T., Hackenbruch, J., Schipper, J. W. (2016, im Druck): Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life. NHESS.

- 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.baden-wuerttemberg.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/m-um/intern/Dateien/Dokumente/4_Klima/Klimawandel/Anpassungsstrategie.pdf (Zugriff 29.3.2016)
- Mußhoff, O., 2012: Risikomanagement für Extremwetterereignisse aus Sicht landwirtschaftlicher Betriebe, Vortrag.
- 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.
- Schipper, J. W., Hackenbruch, J., Lentink, H. S., Kunz-Plapp, T. (2016): Identifizierung von Klimakenngrößen für die Klimaanpassung in Baden-Württemberg. DACH-Tagung, Berlin. Poster
- 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 S. 5

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 S.

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.

8 Anhang

8.1 LISTE DER EXPERTEN

Im Rahmen des Projekts wurden die Ergebnisse von 32 Interviews mit Fachexperten bzw. städtischen Vertreterinnen und Vertreter verwendet. Diese ausführlichen Gesprächen führten zu einem regen Austausch von Informationen sowie die Erweiterung des gegenseitigen Verständnisses. Viele lieferten im Nachgang der Gespräche zusätzlichen Informationen und zeigten großes Interesse an den Ergebnissen des Projekts. Nicht alle wollten namentlich in diesem Bericht erwähnt werden, bzw. führten zu Klimakenngrößen. Die folgende Auflistung zeigt deswegen eine Auswahl der befragten Experten bzw. Einrichtungen sowie Vertreterinnen und Vertreter:

PD Dr. Ingo Ahrens	Klinik für Kardiologie und Angiologie I, Freiburg
Dr. Norbert Billen	terra fusca ingenieure ParG
Renate Daurer	Stadt Esslingen am Neckar
Jost Einstein	NABU-Naturschutzzentrum Federsee
Dr. Christina Endler	Deutscher Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung Freiburg
Bastienne Engels-Burg	Weingut Marco Burg, Reil (Mosel)
Dr. Holger Flaig	Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Karlsruhe
Dr. Achim Gehler	SV Sparkassenversicherung Gebäudeversicherung AG
Rainer Kapp	Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Stadtklimatologie
Ulrich Kienzler	Stadt Karlsruhe, Forstamt
Helmut Kern	Stadt Karlsruhe, Gartenbauamt
Dr. Matthias Piot	Energie Baden-Württemberg AG (EnBW)
Benjamin Steiling	Stadt Karlsruhe, Umwelt und Arbeitsschutz
Franziska Schwager	Amt für Umwelt und Energie Kanton Basel-Stadt
Heinrich Michael Walther	Energie Baden-Württemberg AG (EnBW)
Friedhelm Wenz	Obstbau Wenz GbR, Pfinztal
Klaus-Günther Wiesler	Seehotel Wiesler, Titisee-Neustadt
anonym	Ingenieurbau / Hochbau
anonym	Ingenieurbüro (Straßenwesen)
anonym	Materialprüfungsanstalt Karlsruhe
anonym	Naturschutz-Einrichtung im Schwarzwald

Zusätzlich wurden Gespräche mit elf Vertreterinnen und Vertreter verschiedener Ämter unterschiedlicher Kommunen durchgeführt. Zudem führte die kommunale Befragung zu mehreren vertiefenden Gesprächen (23 ausgefüllten Fragebogen).

Um die durchgeführten Expertengespräch standardisiert auswerten zu können, wurde im Rahmen des Projekts folgender Leitfaden entwickelt, welche die inhaltlichen Themenbereichen abdecken, jedoch nicht eingrenzen sollte.

Bei welchen Aspekten Ihrer Arbeit spielt Klima eine Rolle?

Verwenden Sie dafür interne oder externe Datensätze? Wenn ja, welche?

Welche Datengrundlage würden Sie sich für Ihre Arbeit wünschen? In welcher Form sollten die Daten vorliegen?

Welche Klimakenngrößen verwenden Sie?

Wie müsste sich diese Größe ändern, damit Sie (mehr) Anpassungsmaßnahmen planen/umsetzen würden?

Wann würden Ihre Abläufe nicht mehr funktionieren? Wodurch werden sie gestört, wann entstehen Kosten durch eine Klimaänderung?

Gibt es Klimakenngrößen, für die Sie gerne die zukünftige Entwicklung kennen würden?

Dürfen wir Ihr Name im Projektbericht erwähnen?

8.3 STANDARDISIERTE BEFRAGUNG UNTER KOMMUNEN BADEN-WÜRTTEMBERGS

Die standardisierte Befragung unter Kommunen wurde im Rahmen des Projektes entwickelt und bei einigen städtischen Vertretern zur Probe vorgelegt und anschließend optimiert. Die ausgefüllten Fragebögen enthielten sehr viele Informationen über die Anpassungsstrategien auf kommunaler Ebene in Baden-Württemberg. Etwaige Fragen konnten mittels Telefonaten rasch geklärt werden.

Block 1 von 4: KLIMAANPASSUNG IN IHRER KOMMUNE

In diesem Block möchten wir gerne von Ihnen erfahren, wie stark das Thema Anpassung an den Klimawandel in Ihrer Kommune eine Rolle spielt und ob Ihre Kommune Aktivitäten dazu durchführt.

01. Wie wichtig ist das Thema Anpassung an den Klimawandel in Ihrer Kommune?
 nicht wichtig kaum wichtig etwas wichtig teils wichtig ziemlich wichtig sehr wichtig

02. Gibt es in Ihrer Kommune Aktivitäten (Maßnahmen, Einrichtungen, Veranstaltungen, usw.) zur Anpassung an den Klimawandel?
 ja nein

03. Falls ja, nennen Sie bitte konkrete Beispiele:

04. Welche Datenquellen verwenden Sie in Bezug auf das Klima (z. B. Deutscher Wetterdienst, LUBW, eigene Messungen Ihrer Kommune, beauftragte Gutachten, usw.)?

05. Wie legen diese Daten vor (z. B. als Messung an einer Station, Karten für ein bestimmtes Gebiet, in welcher räumlichen / zeitlichen Auflösung, weitere beschreibende Angaben)?

06. Würden Sie Aspekte des Klimas bei Entscheidungen zur Klimaanpassung gerne anders berücksichtigen?
 viel stärker stärker teils / teils weniger stark viel weniger stark

07. In welchen Bereichen?

08. Falls Sie „viel stärker“ oder „stärker“ gewählt haben, welche Gründe gibt es, die Sie daran hindern? (Mehrfachnennungen möglich)

Personelle Rahmenbedingungen Fehlende Akzeptanz in der Bevölkerung
 Finanzielle Rahmenbedingungen Keine Daten vorhanden
 Politische Rahmenbedingungen Fehlendes Wissen, woher man Daten bekommen könnte
 Fehlende Akzeptanz bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen Interne Verwaltungsstrukturen
 Fehlende Akzeptanz in der Verwaltung Thema ist relativ neu

Sonstige:

Block 2 von 4: KLIMAKENNGRÖßEN IN IHRER KOMMUNE

Dieser Block behandelt das Thema Klimakenngrößen. Dafür sind wir auf der Suche nach Wetterereignissen, die in Ihrer Kommune eine Rolle spielen. Wir versuchen Ereignisse in Klimakenngrößen zu übersetzen, um sie anschließend in Klimamodellen auszuwerten. Eventuell habe auch weitere KollegInnen in Ihrer Kommune Erfahrung mit bestimmten Wetterereignissen oder Größen? Einige Beispiele für Klimakenngrößen entnehmen Sie bitte auch dem beiliegenden Flyer „Klimakenngrößen in Kommunen“.

09. Gab es in den letzten Jahren Wetterereignisse oder Änderungen in deren Häufigkeit, die Probleme in Ihrer Kommune verursachten? Falls ja, bitte beschreiben Sie.

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

	sehr wichtig	wichtig	ziemlich wichtig	teils / teils wichtig	etwas wichtig	kaum wichtig	nicht wichtig
Temperaturen im Sommerhalbjahr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperaturen im Winterhalbjahr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Hitzeperioden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Kälteperioden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Niederschläge im Sommerhalbjahr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Niederschläge im Winterhalbjahr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Trockenperioden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Starkniederschlägen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anzahl der Schneetage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Hagelchlag	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Gewittern	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auftreten von Stürmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beginn und Dauer der Vegetationsperiode	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luftqualität	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Sonstige:

11. In welchem Bereich oder Handlungsfeld gehen Größen aus den vorherigen beiden Fragen in Planungen oder Entscheidungen ein (z. B. Gesundheitsvorsorge, Straßenbau, Baumauswahl bei Aufstufungen, ...)?

12. Wie verwenden Sie diese Größen im konkreten Fall? Vielleicht sind sie an Klimakenngrößen mit bestimmten Zahlenwerten geknüpft? Bsp. Frosttage, Tagesniederschlagssumme über 40 mm, Tage mit Schnee usw.

13. Klimamodelle bieten zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten (s. Flyer). Fallen Ihnen neben den Kennwerten, die Sie bereits verwenden, weitere ein, für die es sinnvoll / hilfreich wäre, die zukünftige Entwicklung zu kennen, um Anpassungsmaßnahmen in Ihrer Kommune besser planen oder umsetzen zu können? Wenn ja, welche?

14. In welcher Form sollten die Informationen zu Klimakenngrößen idealerweise vorliegen? (Mehrfachnennungen möglich)

Broschüre auf Papier Internetseite Rohdaten GIS-Datensätze (Shapefile) App

Sonstige:

BLOCK 3 VON 4: SENSITIVITÄTSBEREICHE FÜR DIE KLIMAKENNGRÖSSEN

Klimaveränderungen können Auswirkungen auf Kommunen haben, wenn sich die Häufigkeit von Wetterereignissen in Zukunft ändert. Letztere können wir aus Klimamodellen abschätzen. Dieser Block beschäftigt sich daher mit der Frage, welche zukünftige Entwicklung der Kennwerte in Ihrer Kommune mit welchem Handlungsbedarf verbunden ist. Der Bedarf gliedert sich in drei sogenannte Sensitivitätsbereiche:

grün	kein / kaum Anpassungsbedarf	keine / kaum Maßnahmen nötig	geringe Kosten
gelb	mittlerer Anpassungsbedarf	unkomplizierte Maßnahmen nötig	mittlere Kosten
rot	starker Anpassungsbedarf	aufwendige Maßnahmen nötig	hohe Kosten

Eine genauere Erklärung entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Flyer „Klimakenngrößen in Kommunen“.

15. In welchem Bereich befinden sich die von Ihnen oben genannten Kennwerte?

Klimakenngröße	grüner Bereich	gelber Bereich	roter Bereich
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Wie müssen sich die Kennwerte ändern um in einen anderen Bereich zu fallen (siehe erfundene Werte)?

Klimakenngröße	grüner Bereich	gelber Bereich	roter Bereich
Tage hintereinander Temperaturen über 32 °C	5	oa. 10	oa. 15
Anzahl der Tage ohne/mit wenig Niederschlag	halb so viele	heutige Anzahl	oa. 20 % mehr
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

17. Woran haben Sie die Bereiche und Grenzen in den beiden vorherigen Fragen festgemacht? Welche Folgen hat der Übergang von einem Bereich in den anderen? Erklären Sie Ihre Entscheidung bitte für die wichtigsten Kennwerte.

BLOCK 4 VON 4: IHRE KOMMUNE

In diesem letzten Fragenblock werden statistische Eigenschaften Ihrer Kommune sowie Ihre Nutzung von Klimadiensten erfragt.

18. Wie viele Einwohner hat Ihre Kommune?
 bis 2000 2001 bis 5000 5001 bis 10000 10001 bis 30000 ab 30001

19. In welcher Region liegt Ihre Kommune (nach Regionalverband)?
 Bodensee-Oberschwaben Nordschwarzwald
 Donau-Iller Ostwürttemberg
 Heilbronn-Franken Rhein-Neckar-Odenwald
 Hochrhein-Bodensee Schwarzwald-Baar-Heuberg
 Mittlerer Oberrhein Stuttgart
 Neckar-Alb Südsüdr Oberrhein

20. In welcher Höhenlage liegt Ihre Kommune hauptsächlich?
 unter 250 m 251 bis 500 m 501 bis 750 m höher ab 750 m

21. Anpassungsmaßnahmen in Ihrer Kommune: Wie wichtig ist es, eine fundierte Aussage zu bekommen, wie sich die von Ihnen genannten Klimakenngrößen entwickeln werden?
 sehr wichtig wichtig ziemlich wichtig teils / teils etwas wichtig kaum wichtig nicht wichtig

22. Welche Einrichtungen kennen Sie, bei denen Sie Informationen zu zukünftigen Klimaänderungen und Folgen des Klimawandels erhalten können? Haben Sie Dienste dieser Einrichtungen in Ihrer Kommune schon einmal genutzt oder nutzen sie regelmäßig? (Mehrfachnennungen möglich)

	Kenne ich nicht	Habe ich schon einmal genutzt	Nutze ich regelmäßig	Keine Angabe
Regionale Einrichtungen				
LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Universitäten in Baden-Württemberg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Süddeutsches Klimabüro am KIT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nationale Einrichtungen				
Umweltbundesamt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deutscher Wetterdienst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Climate-Service Center 2.0 / CSC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Universitäten außerhalb von Baden-Württemberg	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internationale Einrichtungen				
PCC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NOAA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NASA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstige:	<input type="text"/>			

23. Welche Internetseiten / Onlineplattformen zur Klimaanpassung und Folgen des Klimawandels kennen / nutzen Sie? (Mehrfachnennungen möglich)

	Kenne ich nicht	Habe ich schon einmal genutzt	Nutze ich regelmäßig	Keine Angabe
Regionaler Klimatag Deutschland www.regionales.klimatag.de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deutscher Klimatag www.deut.klimatag.de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimawegweiser www.klimawegweiser.de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
„Tatenbank“ www.umweltbundesamt.de/tatenbank	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KOMPASS www.kompas.net	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Deutsches Klimaportal www.deutsches.klimaportal.de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stadtklimatage www.stadtklimatage.net	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klimascout for Kommunen www.klimascout.de	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonstige:	<input type="text"/>			

24. Falls Sie Einrichtungen oder Internetseiten / Onlineplattformen nutzen / genutzt haben: Für was interessieren Sie sich / haben Sie sich dabei genau interessiert? Welches Angebot nutzen Sie dabei genau / haben Sie genau genutzt? (Mehrfachnennungen möglich)

25. Haben Sie weitere Kommentare, Erklärungen oder Ergänzungen?

26. Sind Sie zu vertiefenden Gesprächen bereit?

ja nein

Falls ja:

Name der Kommune:

Ansprechpartner:

Formular drucken

Zur Erläuterung des Projektes wurde der Befragung folgender Flyer beigelegt:

Das vorliegende Projekt läuft bis März 2016 und wird aus Mitteln des **Ministeriums für Umwelt, Klima und Naturschutz Baden-Württemberg** im Rahmen des Forschungsprogramms **KLIMOPASS** („Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg“) gefördert.

Wir danken dem **Amt für Umwelt- und Arbeitsschutz der Stadt Karlsruhe**, der **Gemeinde Malsch** und dem **Amt für Umweltschutz der Stadt Stuttgart** für die freundliche Unterstützung bei der inhaltlichen Gestaltung der Befragung.

Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Meteorologie und Klimaforschung
Süddeutsches Klimabüro

Julia Hackenbruch
Kai-Uwe Nerding
Dr. Hans Schipper (Projektleiter)

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

E-Mail: klimabuero@kit.edu
Telefon: 0721 - 608 2 8469
www.sueddeutsches-klimabuero.de

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Karlsruhe
© KIT 2015
gedruckt auf 100% Recycling-Papier (Umweltsiegel „Euroblume“)

www.kit.edu




Klimakenngrößen in Kommunen

Eine Erklärung zur Befragung
des Süddeutschen Klimabüros

INSTITUT FÜR METEOROLOGIE UND KLIMAFORSCHUNG
SÜDDEUTSCHES KLIMABÜRO



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu

Klimakenngrößen aus Klimamodellen

Klimamodelle bilden die klimatischen Gegebenheiten ab. Sie bieten somit die Möglichkeit, das aktuelle Klima konsistent quantitativ zu beschreiben und das mögliche Klima der Zukunft abzuschätzen.

Die wichtigsten Variablen eines Klimamodells sind die **Lufttemperatur** und **-feuchte**, **Bodentemperatur** und **-feuchte**, **Niederschlag**, **Wind** und **Strahlung**. Daraus lassen sich **Klimakenngrößen** bilden.

Beispiele Klimakenngrößen:

- die mittlere Niederschlagssumme in allen Wintern des Zeitraums 2021 bis 2050
- die durchschnittliche Anzahl an Sommertagen in Vergangenheit und Zukunft
- Anzahl von Tagen, an denen die Minimumtemperatur unter 0°C liegt und zudem Niederschlag fällt („Streutage“ für den Winterdienst).

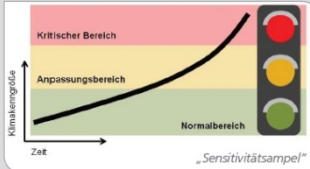
Die **verfügbaren Klimadaten** sind gitterpunktsweise gerechnet. Jeder Gitterpunkt repräsentiert dabei ein bis zu 7 x 7 km großes Gebiet und umfasst die Zeiträume 1971 bis 2000, 2021 bis 2050 sowie 2071 bis 2100.

Klimamodelle können zwar Werte für jede Stunde ausgeben, allerdings ist dieses Datum nur fiktiv. Das heißt, es kann beispielsweise nicht der Temperatur- oder Niederschlagswert an einem einzelnen Tag oder in einem einzelnen Sommer für Auswertungen herangezogen werden,

sondern immer nur **Mittelwerte, Summen, Häufigkeiten von Ereignissen über Zeiträume von Jahrzehnten**, welche sich im Klimawandel ändern können.

Handlungsbedarf als Sensitivitätsbereiche

Der **Handlungsbedarf** soll in drei Sensitivitätsbereiche eingeteilt werden. Die schematische Darstellung unten zeigt die zeitliche Entwicklung einer fiktiven Kenngröße (schwarze Linie) als sogenannte Sensitivitätsampel.



„Sensitivitätsampel“

Im **grünen Bereich** herrscht der Normalzustand vor, d. h. die Entwicklung der Kenngröße ruft keinen direkten Handlungsbedarf hervor. Im **Anpassungsbereich (gelb)** entsteht Handlungsbedarf, während im **kritischen Bereich (rot)** aufwendige und kostenintensive Maßnahmen notwendig sind. Die Einteilung der Sensitivitätsampel ist für jede Klimakenngröße unterschiedlich.

Für das Beispiel der Streutage wäre die Sensitivität abhängig von deren Anzahl pro Jahr. Als Handlungsbedarf wäre eine Anpassung beim Streusalzeinkauf, der Personalplanung oder der Fahrzeugschaffung denkbar.

Durch eine **flächendeckende Darstellung** der Klimakenngrößen, die aus den Klimamodellen ausgewertet werden, besteht die Möglichkeit, **landesweite Aussagen** über Anpassungsmaßnahmen zu treffen.

8.5 ERKLÄRUNG ZU DEN ABBILDUNGEN

Die Auswertungen der Daten für den Kontrollzeitraum (1971-2000) finden sich auf dem beigegeführten CD-ROM im Ordner „Bilder_EOBS“ für die einzelnen Klimakenngrößen. Für Größen, für die keine Beobachtungsdaten vorliegen, wird das Mittel der Modellläufe für den Kontrollzeitraum gezeigt, diese sind durch den Beginn des Dateinamens „models“ gekennzeichnet, die Beobachtungsdaten durch den Beginn des Dateinamens „EOBS_1971-2000“.

Die Klimamodelldaten für nahe und ferne Zukunft finden sich im Ordner „Bilder_diff“. Die Daten des IMK-Ensembles für die nahe Zukunft haben den Dateinamen „Klimakenngröße_diff_median.jpg“, die Daten des Leitplanken-Ensembles für die nahe Zukunft „Klimakenngröße_diff_median_2021.jpg“ und die ferne Zukunft „Klimakenngröße_diff_median_2071.jpg“. Gezeigt ist jeweils der Mittelwert aller Ensemble-Mitglieder.

Die Boxplots für die einzelnen Klimakenngrößen finden sich im Ordner „Bilder_boxtabelle“, die zugehörigen Daten im Ordner „Daten_boxtabelle“.

Die Namen der Größen in den Abbildungsnamen und die zugehörigen Klimakenngrößen sind im Folgenden aufgelistet:

Name der Klimakenngröße auf CD-ROM	Name der Größe in den Abbildungsnamen
Anzahl und Dauer von Frostperioden	ForstperiodenDauer / -Zahl
Anzahl und Dauer von Hitzeperioden	HitzeperiodenDauer / -Zahl
Anzahl und Dauer von Trockenperioden zwischen Mai und September	TrockenperiodenDauer / -Zahl
Durchschnittstemperatur März bis Juli	DurchschnittsTMaerzbisJuli
erster Frosttag des Jahres	Laubfallfrost
Frostangriff	Beton,Frostwechseltage
Frosttage	Frosttage
Gradtagzahl	Gradtagzahl
Günstige Wetterbedingung für die Kirschessigfliege	Kirschessigfliegetage
Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau	Mehltauechtstage
Günstige Wetterbedingungen für Eiswein	Eisweintage
Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau	Mehltaufalschtage
Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen	PolGrasAustage
Günstige Wetterbedingungen für Verbreitung und Auswaschung von Birkenpollen	PolBirkeAustage5mm,PolBirkeTage
Günstige Wetterbedingungen für Zecken	Zeckentage
Heiße oder sehr kalte Tage	SehrHeisseOderSehrKalteTage
Heiße Tage	Heissetage
Heizgradtage	Heizgradtage
Hitze bei Sonneneinstrahlung	HitzebeiSonnetage
Klimatische Wasserbilanz	Wasserbilanz...
Mittlerer Niederschlag in den Jahreszeiten	NFruehjahr_mittel usw.
Nasse Tage in Folge	TagesNiederschlaggr10mm_...inFolge
Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August	Getreideernte_7NTageFolge
Niederschlagsperioden in den Monaten Monaten September bis November	Maisernte_7NTageFolge
Niederschlagssumme in den Jahreszeiten (90. Perzentil)	NFruehjahr_90perz usw.
Niederschlagssumme zwischen März und Mai	NiederschlagMAM
Niederschlagstage in März und April	TagemitNgr5_MaerzApril

Name der Klimakenngröße auf CD-ROM	Name der Größe in den Abbildungsnamen
Regenfreie Tage mit Höchsttemperaturen zwischen 20 und 25 °C	Radtourismus
Relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 %	Carbontage
Schneeereignisse	Schneetage
sehr heiße Tage	BlowUpTage
Sehr heiße Tage oder Frosttage	Humusumsatz
Sommer 2003	Sommer 2003
Spätfröste	Letzter Frosttag, MaxVeginFolge
Spazierwetter	Spaziertage2
Stuendlicher Niederschlag (Extreme)	StundenN_99p9perz, StundenN_99p99perz
Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm bzw. > 40 mm	TagesNiederschlaggr25mm, TagesNiederschlaggr40mm
Tage mit Schneebedeckung und Regnerische Wintertage	FeuchteWintertage, SchneeamBoden
Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C	Vegetationstage
Tage mit Wetterwechseln	WetterwechselTP
Tiefste Temperatur in 30 Jahren	KaeltesteTag
Trockene, heiße Sommer und Jahre dazwischen	TrockeneHeisseSommer
Trockenjahre	Trockenjahre
Tropennächte	Tropennaechte
Wetterbedingungen für "mittleren Winterdienst"	Streutage
Wetterbedingungen für "vollen Winterdienst"	Streutage2
Windböen	Boeen75-100, Boengt100

9 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Das Gitternetz mit Höhenangaben des Leitplanken-Ensembles für Baden-Württemberg und Regionen</i>	10
<i>Abbildung 2: Das Gitternetz mit Höhenangaben des IMK-Ensembles für Baden-Württemberg und Regionen</i>	10
Abbildung 3: Die Regionen Baden-Württembergs mit Bezeichnung	13
Abbildung 4: Aufbau des Box-Whisker-Plots.....	14
Abbildung 5: Regionale Lage der Kommunen aus der Befragung.....	16
Abbildung 6: Antworten auf die Frage „Wie wichtig ist das Thema Anpassung an den Klimawandel in Ihrer Kommune?“	17
Abbildung 7: Antworten auf die Frage „In welchen Bereichen würden Sie Aspekte des Klimas bei Entscheidungen zur Klimaanpassung gerne anders berücksichtigen?“.....	18
Abbildung 8: Gründe, die eine Kommune hindern, Klimaanpassung in einem Bereich stärker zu berücksichtigen	19
Abbildung 9: Antworten auf die Frage „Gab es in den letzten Jahren Wetterereignisse oder Änderungen in deren Häufigkeit, die Probleme in Ihrer Kommune verursachten?“	20
Abbildung 10: Antworten auf die Frage „Wie wichtig sind folgende Ereignisse bzw. Größen in Bezug auf Ihre Überlegungen zur Klimaanpassung?“.....	21
Abbildung 11: Antworten auf die Frage „In welchem Bereich oder Handlungsfeld gehen Größen aus den vorherigen beiden Fragen in Planungen oder Entscheidungen ein (z. B. Gesundheitsvorsorge, Straßenbau, Baumauswahl bei Aufforstungen,...)?“	22
Abbildung 12: Antworten auf die Frage „In welcher Form sollten die Informationen zu Klimakenngrößen idealerweise vorliegen?“	22
Abbildung 13: Antworten auf die Frage „Welche Einrichtungen kennen Sie, bei denen Sie Informationen zu zukünftigen Klimaänderungen und Folgen des Klimawandels erhalten können? Haben Sie Dienste dieser Einrichtungen in Ihrer Kommune schon einmal genutzt oder nutzen sie regelmäßig?“	23
Abbildung 14: Jahresmitteltemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.	25
Abbildung 15: Berechnete Änderungen der Jahresmitteltemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.....	26
Abbildung 16: Jahresmitteltemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).....	27
Abbildung 17: Jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.	28

Abbildung 18: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren Tageshöchsttemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.....	29
Abbildung 19: Jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).	30
Abbildung 20: Jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.	32
Abbildung 21: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren Tagestiefsttemperatur für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.....	33
Abbildung 22: Jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).	34
Abbildung 23: Jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit für den Kontrollzeitraum (1971-2000), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble. Für diese Größe liegen keine Beobachtungen vor.....	35
Abbildung 24: Berechnete Änderungen der jährlichen mittleren relativen Luftfeuchtigkeit für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.	36
Abbildung 25: Jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).	37
Abbildung 26: Mittlere Jahresniederschlagssummen für den Kontrollzeitraum (1971-2000) in Beobachtungen, IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.	39
Abbildung 27: Berechnete Änderungen der mittleren Jahresniederschlagssummen für die nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100), IMK-Ensemble und Leitplanken-Ensemble.....	40
Abbildung 28: Mittlere Jahresniederschlagssumme als Box-Whisker-Plot für die Gitterpunkte Baden-Württembergs für den Kontrollzeitraum sowie die nahe und ferne Zukunft (soweit vorhanden).	41
Abbildung 29: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Frostperioden“	48
Abbildung 30: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Frostperioden“	49
Abbildung 31: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Frostperioden).	50
Abbildung 32: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Frostperioden).....	51
Abbildung 33: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Dauer der Frostperioden“	52
Abbildung 34: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Hitzeperioden“	55
Abbildung 35: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Hitzeperioden“	56

Abbildung 36: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Hitzeperioden).....	57
Abbildung 37: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Hitzeperiodendauer).	58
Abbildung 38: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode von 1 bis 4 Tagen in Folge“	59
Abbildung 39: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode von 5 bis 13 Tagen in Folge“	60
Abbildung 40: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage in einer Periode ab 14 Tagen in Folge“	61
Abbildung 41: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Anzahl der Hitzeperioden“	63
Abbildung 42: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Trockenperioden“	68
Abbildung 43: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Dauer der Trockenperioden“	69
Abbildung 44: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl der Trockentage“	70
Abbildung 45: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Trockenperioden).	71
Abbildung 46: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Dauer der Trockenperioden).	72
Abbildung 47: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl der Trockentage).	73
Abbildung 48: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge“	74
Abbildung 49: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge“	75
Abbildung 50: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge“	76
Abbildung 51: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode von 1 bis 10 Tagen in Folge).....	77
Abbildung 52: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode von 11 bis 20 Tagen in Folge).....	77
Abbildung 53: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockentage in einer Periode ab 21 Tagen in Folge).	78

Abbildung 54: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Durchschnittstemperatur März - Juli“	80
Abbildung 55: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Durchschnittstemperatur März - Juli)	81
Abbildung 56: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Erster Frosttag des Jahres“	84
Abbildung 57: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Erster Frosttag des Jahres).....	85
Abbildung 58: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frost bei Feuchte“	88
Abbildung 59: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frostwechsellage“	89
Abbildung 60: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frost bei Feuchte)	90
Abbildung 61: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frostwechsellage)	91
Abbildung 62: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Frosttage“	94
Abbildung 63: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Frosttage)	95
Abbildung 64: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Frosttage“	96
Abbildung 65: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Gradtagzahl“	99
Abbildung 66: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Gradtagzahl).....	100
Abbildung 67: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen“	102
Abbildung 68: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen)	103
Abbildung 69: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau“	105
Abbildung 70: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau).....	106
Abbildung 71: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000)und nahe Zukunft (2021-2050) für „Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau“	107
Abbildung 72: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Eiswein“	110
Abbildung 73: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Eiswein)	111

Abbildung 74: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Günstige Wetterbedingungen für Eiswein“	112
Abbildung 75: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau“	114
Abbildung 76: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau)	115
Abbildung 77: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege“	117
Abbildung 78: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege)	118
Abbildung 79: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Verbreitung Birkenpollen“	122
Abbildung 80: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Auswaschung Birkenpollen“	123
Abbildung 81: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Verbreitung Birkenpollen)	124
Abbildung 82: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Auswaschung Birkenpollen)	125
Abbildung 83: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Günstige Wetterbedingungen für Zecken“	127
Abbildung 84: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Günstige Wetterbedingungen für Zecken)	128
Abbildung 85: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße oder sehr kalte Tage“	130
Abbildung 86: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heiße oder sehr kalte Tage)	131
Abbildung 87: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heiße Tage“	134
Abbildung 88: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heiße Tage)	135
Abbildung 89: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Heiße Tage“	137
Abbildung 90: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Heizgradtage“	139
Abbildung 91: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Heizgradtage)	140
Abbildung 92: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Hitze und Sonneneinstrahlung“	141

Abbildung 93: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Hitze und Sonneneinstrahlung)	142
Abbildung 94: Mittelwert des Modell-Ensembles im Kontrollzeitraum (1971-2000) für „Klimatische Wasserbilanz“	144
Abbildung 95: Berechnete Änderungen zwischen Kontrollzeitraum (1971-2000) und naher Zukunft (2021-2050) für „Klimatische Wasserbilanz“	145
Abbildung 96: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Klimatische Wasserbilanz)	146
Abbildung 97: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Frühjahr (März, April, Mai)	149
Abbildung 98: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Sommer (Juni, Juli, August)	150
Abbildung 99: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Herbst (September, Oktober, November)	151
Abbildung 100: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Mittlerer Niederschlag“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)	152
Abbildung 101: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Frühjahr)	153
Abbildung 102: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Sommer)	154
Abbildung 103: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Herbst)	155
Abbildung 104: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Mittlerer Niederschlag im Winter).....	156
Abbildung 105: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Frühjahr (März, April, Mai).....	158
Abbildung 106: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Sommer (Juni, Juli, August)	159
Abbildung 107: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Herbst (September, Oktober, November).....	160
Abbildung 108: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Mittlerer Niederschlag“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)	161
Abbildung 109: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Nasse Tage in Folge“	163
Abbildung 110: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Nasse Tage in Folge)	164

Abbildung 111: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August“	166
Abbildung 112: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August)	167
Abbildung 113: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November“	169
Abbildung 114: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November).....	170
Abbildung 115: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Frühjahr (März, April, Mai).....	173
Abbildung 116: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Sommer (Juni, Juli, August)	174
Abbildung 117: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Herbst (September, Oktober, November)	175
Abbildung 118: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme (90. Perzentil)“ im Winter (Dezember, Januar, Februar)	176
Abbildung 119: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagssumme – 90. Perzentil).....	177
Abbildung 120: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Frühjahr (März, April, Mai)	178
Abbildung 121: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Sommer (Juni, Juli, August).....	179
Abbildung 122: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Herbst (September, Oktober, November)	179
Abbildung 123: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Niederschlagssumme – 90. Perzentil“ im Winter Dezember, Januar, Februar)	180
Abbildung 124: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“	182
Abbildung 125: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagssumme zwischen März und Mai).....	183
Abbildung 126: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Niederschlagssumme zwischen März und Mai“	184
Abbildung 127: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Niederschlagstage in März und April“	186
Abbildung 128: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Niederschlagstage in März und April).....	187

Abbildung 129: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C“	189
Abbildung 130: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C).....	190
Abbildung 131: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Relative Feuchte zwischen 40 und 70 %“	193
Abbildung 132: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Relative Feuchte zwischen 40 und 70 %). Für diese Klimakenngröße liegen keine Beobachtungsdaten vor.	194
Abbildung 133: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Schneeereignisse“	196
Abbildung 134: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Schneeereignisse)	197
Abbildung 135: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sehr heiße Tage“	200
Abbildung 136: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sehr heiße Tage).....	201
Abbildung 137: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Sehr heiße Tage“	203
Abbildung 138: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sehr heiße Tage oder Frosttage“	205
Abbildung 139: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sehr heiße Tage oder Frosttage)	206
Abbildung 140: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Sehr heiße Tage oder Frosttage“	207
Abbildung 141: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Sommer 2003“	209
Abbildung 142: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Sommer 2003).....	210
Abbildung 143: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tag des letzten Frostes“	213
Abbildung 144: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag“	214
Abbildung 145: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tag des letzten Frostes)	215
Abbildung 146: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag)	216
Abbildung 147: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Spazierwetter“	218
Abbildung 148: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Spazierwetter).....	219

Abbildung 149: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr)“	221
Abbildung 150: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren)“	221
Abbildung 151: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil (Durchschnittlich an 2,2 Stunden pro Jahr)).....	222
Abbildung 152: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil (Durchschnittlich an 0,2 Stunden pro Jahr → 1 Mal in fünf Jahren)).....	223
Abbildung 153: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm“	225
Abbildung 154: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm“	226
Abbildung 155: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 25 mm)	227
Abbildung 156: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme > 40 mm)	228
Abbildung 157: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Tage mit Schneebedeckung“	233
Abbildung 158: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Regnerische Wintertage“	234
Abbildung 159: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Schneebedeckung)	235
Abbildung 160: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Regnerische Wintertage)	236
Abbildung 161: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C“	238
Abbildung 162: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C)	239
Abbildung 163: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C (Wald und Forstwirtschaft)“	240
Abbildung 164: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000), nahe Zukunft (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) für „Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C (Obstbau)“	242
Abbildung 165: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen Zukunft für „Tage mit Wetterwechseln“	245
Abbildung 166: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tage mit Wetterwechseln)	245

Abbildung 167: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tiefste Temperatur in 30 Jahren“	247
Abbildung 168: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tiefste Temperatur in 30 Jahren)	248
Abbildung 169: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren“	252
Abbildung 170: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern“	253
Abbildung 171: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren)	254
Abbildung 172: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern).....	255
Abbildung 173: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Wald und Forstwirtschaft, Stadt- und Raumplanung (Forstverwaltung, Grünflächenplanung)“	256
Abbildung 174: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren – Landwirtschaft (Obstbau)“	257
Abbildung 175: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern - Stadt- und Raumplanung)	258
Abbildung 176: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Trockenjahre“	260
Abbildung 177: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Trockenjahre)	261
Abbildung 178: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für (Trockenjahre – Wald und Forstwirtschaft).....	262
Abbildung 179: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tropennächte“	265
Abbildung 180: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Tropennächte).....	266
Abbildung 181: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für Tropennächte.....	267
Abbildung 182: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“	271
Abbildung 183: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 1 Tag“	272
Abbildung 184: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 2 bis 3 Tagen in Folge“	273

Abbildung 185: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst in einer Periode von 5 bis 7 Tagen in Folge“	274
Abbildung 186: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst).....	275
Abbildung 187: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst“	276
Abbildung 188: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Tage mit Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“	278
Abbildung 189: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (voller Winterdienst) .	279
Abbildung 190: Sensitivitätsampel für die jüngere Vergangenheit (1971-2000) und nahe Zukunft (2021-2050) für „Wetterbedingungen für vollen Winterdienst“	280
<i>Abbildung 191: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Böen zwischen 75 und 100 km/h“</i>	<i>282</i>
<i>Abbildung 192: Beobachtungen und berechnete Änderungen in der nahen und fernen Zukunft für „Böen über 100 km/h“</i>	<i>282</i>
Abbildung 193: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Böen zwischen 75 und 100 km/h)	283
Abbildung 194: Box-Whisker-Plot für ganz Baden-Württemberg und die Regionen (Böen über 100 km/h)	284

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mitglieder des Leitplanken-Ensembles.....	9
Tabelle 2: Mitglieder des IMK-Ensembles	10
Tabelle 3: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Jahresmitteltemperatur).....	27
Tabelle 4: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere Tageshöchsttemperatur)...	30
Tabelle 5: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere Tagestiefsttemperatur)	34
Tabelle 6: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (jährliche mittlere relative Luftfeuchtigkeit)...	37
Tabelle 7: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlere Jahresniederschlagssumme)	41
Tabelle 8: Aus Expertengesprächen und der Befragung ermittelte Klimakenngößen mit Zuordnung nach genanntem Handlungsfeld und genannter Branche	43
Tabelle 9: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Frostperioden)	50
Tabelle 10: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Frostperioden)	51
Tabelle 11: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Hitzeperioden)	57
Tabelle 12: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Hitzeperioden)	58
Tabelle 13: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl der Trockenperioden).....	71
Tabelle 14: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Dauer der Trockenperioden).....	72
Tabelle 15: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl Trockentage)	73
Tabelle 16: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Durchschnittstemperatur März - Juli)	81
Tabelle 17: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Erster Frosttag des Jahres).....	85
Tabelle 18: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frost bei Feuchte)	90
Tabelle 19: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frostwechseltage)	91
Tabelle 20: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Frosttage)	95
Tabelle 21: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Gradtagzahl)	100
Tabelle 22: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Auswaschung von Graspollen)	103
Tabelle 23: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für echten Mehltau)	106
Tabelle 24: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Eiswein)	110

Tabelle 25: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für falschen Mehltau)	114
Tabelle 26: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Kirschessigfliege)	118
Tabelle 27: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Verbreitung von Birkenpollen).....	124
Tabelle 28: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Auswaschung von Birkenpollen)	125
Tabelle 29: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Günstige Wetterbedingungen für Zecken)	128
Tabelle 30: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heiße oder sehr kalte Tage)	131
Tabelle 31: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heiße Tage)	135
Tabelle 32: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Heizgradtage)	140
Tabelle 33: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Hitze und Sonneneinstrahlung).....	142
Tabelle 34: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Frühjahr)	153
Tabelle 35: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Sommer)	154
Tabelle 36: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Herbst)	155
Tabelle 37: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Mittlerer Niederschlag im Winter).....	156
Tabelle 38: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Nasse Tage in Folge).....	164
Tabelle 39: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagsperioden in den Monaten Juli und August)	167
Tabelle 40: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagsperioden in den Monaten September bis November)	170
Tabelle 41: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagssumme zwischen März und Mai)	183
Tabelle 42: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Niederschlagstage in März und April)	187
Tabelle 43: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Regenfreie Tage mit Tageshöchsttemperatur zwischen 20 und 25 °C).....	190
Tabelle 44: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Relative Luftfeuchte zwischen 40 und 70 %)	194
Tabelle 45: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Schneeereignisse)	197
Tabelle 46: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sehr heiße Tage)	201
Tabelle 47: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sehr heiße Tage oder Frosttage).....	206
Tabelle 48: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Sommer 2003).....	210
Tabelle 49: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tag des letzten Frostes)	215

Tabelle 50: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Höchste Zahl aufeinanderfolgender Vegetationstage vor letztem Frosttag).....	216
Tabelle 51: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Spazierwetter).....	219
Tabelle 52: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Stündlicher Niederschlag – 99,9 Perzentil)	222
Tabelle 53: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Stündlicher Niederschlag – 99,99 Perzentil)	223
Tabelle 54: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Niederschlagssumme > 25 mm)..	227
Tabelle 55: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Niederschlagssumme > 40 mm)..	228
Tabelle 56: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Schneebedeckung).....	235
Tabelle 57: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Regnerische Wintertage)	236
Tabelle 58: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Temperaturmittelwert über 5 °C)	239
Tabelle 59: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tage mit Wetterwechseln).....	245
Tabelle 60: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tiefste Temperatur in 30 Jahren).....	248
Tabelle 61: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Anzahl trockener und heißer Sommer in 30 Jahren)	254
Tabelle 62: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Jahre zwischen trockenen, heißen Sommern)	255
Tabelle 63: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Trockenjahre).....	261
Tabelle 64: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Tropennächte).....	266
Tabelle 65: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Wetterbedingungen für mittleren Winterdienst).....	275
Tabelle 66: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Wetterbedingungen für vollen Winterdienst)	279
<i>Tabelle 67: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Böen zwischen 75 und 100 km/h)</i>	283
<i>Tabelle 68: Tabelle mit Ergebnissen für Baden-Württemberg (Böen über 100 km/h).....</i>	284

