

# Der Klimawandel in Bayern

## Auswertung regionaler Klimaprojektionen

### Regionalbericht Altmühl-Paar



1	Einleitung	2
2	Bisheriges Klima und seine Veränderungen	3
3	Klimaprojektionen – Abschätzung künftiger Klimaänderungen	5
3.1	Temperaturänderung	6
3.2	Niederschlagsänderung	8
4	Zusammenfassung und Ausblick	11
5	Literaturhinweise	12

## 1 Einleitung

Der weltweite Klimawandel, der allgemein zunächst als ein Ansteigen der globalen Lufttemperatur nachweisbar ist, macht auch vor Bayern nicht halt. Der Anstieg der Mitteltemperatur und die damit verbundenen Auswirkungen auf Niederschlag und Verdunstung führen zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs. Die Änderungen des regionalen Wasserhaushalts haben Auswirkungen sowohl auf die Wasserwirtschaft als auch auf andere Bereiche unserer Gesellschaft. In Abhängigkeit von den absehbaren Veränderungen stellt sich die Frage, inwieweit derzeit ein Anpassungsbedarf besteht, um insbesondere nachteilige Auswirkungen möglichst gering zu halten. Hierzu wurde die Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS; September 2009) erarbeitet, die auf den damals vorhandenen Ergebnissen für die Entwicklung der Mittelwerte von Temperatur und Niederschlag in Bayern beruht.

Die Thematik Klimawandel mit seinen vielfältigen Auswirkungen ist mittlerweile Gegenstand einer Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen. Die Konsequenzen für die Wasserwirtschaft in Bayern werden in verschiedenen Projekten untersucht. Im Vordergrund steht dabei das Kooperationsvorhaben KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft). In Zusammenarbeit mit den Fachverwaltungen von Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz und mit dem DWD werden im Rahmen des Vorhabens die Veränderungen des Klimas in den letzten Jahrzehnten ermittelt sowie die zukünftig zu erwartenden Veränderungen abgeschätzt und soweit möglich quantifiziert.

Die bisherigen Erkenntnisse für ganz Bayern und die zugrunde liegenden methodischen Ansätze sind im „Klimabericht Bayern“ allgemein dargestellt. Zusätzlich wurden regionale Auswertungen und Ergebnisdarstellungen für neun Flussgebiete vorgenommen, die den bayerischen Planungsräumen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) entsprechen (Abb. 1), und als Regionalberichte herausgegeben. Damit soll der Erkenntnisstand zum Klimawandel für die regionale bzw. lokale Ebene konkretisiert werden. Eine genauere räumliche Auflösung für einzelne Landkreise oder Städte ist aufgrund der dabei stark ansteigenden Unsicherheiten bei den Aussagen im Allgemeinen nicht zweckmäßig.



Abb. 1:  
Die gewählte Gebietseinteilung für die Regionalberichte (in Anlehnung an die Planungsräume der EG-Wasserrahmenrichtlinie / EG-WRRL).

Die vorliegenden Ergebnisse können als fachliche Grundlage für die Ermittlung der Auswirkungen des Klimawandels in den unterschiedlichen betroffenen Sektoren dienen. Im Bereich der Wasserwirtschaft werden die Datensätze, auf denen die Ergebnisse beruhen, unter anderem in Wirkungsmodellen, wie z. B. Wasserhaushaltsmodellen, verwendet.

Nachstehend sind die bisherigen Erkenntnisse zum Klimawandel für das Flussgebiet Altmühl-Paar konkretisiert und dargestellt; dazu wurde eine Reihe verfügbarer aktueller Klimaprojektionen ausgewertet. Das Gebiet umfasst eine Fläche von 6.700 km<sup>2</sup>, mit der von Norden der Donau zufließenden Altmühl und der von Süden kommend in die Donau mündenden Paar. Von besonderer wasserwirtschaftlicher Bedeutung im nördlichen Teil sind der Altmühlsee, der Große Brombachsee und der Main-Donau-Kanal. Sie sind Teil des Überleitungssystems in das wasserärmere Regnitz/Maingebiet. Die mittlere Höhe über NN im Gebiet beträgt etwa 460 m mit maximalen Höhen über 600 m in der nördlich der Donau gelegenen südlichen Frankenalb und den tiefsten Lagen etwa um 350 m im Donaumoos bei Neuburg.

## 2 Bisheriges Klima und seine Veränderungen

Das Klima der Vergangenheit wird mit Hilfe von langjährigen Mittelwerten klimatischer Kenngrößen dargestellt. Die Auswertung der Klimamessungen für die als Bezugszeitraum betrachtete Periode 1971–2000 ergibt für Bayern und das Flussgebiet Altmühl-Paar die in Tab. 1 aufgeführten Jahres- und Halbjahres-Mittelwerte. Zur Ermittlung der Kenntage wird die Anzahl der Tage bestimmt, an denen definierte Schwellenwerte der Tagesminimum- bzw. Tagesmaximumtemperatur unter- oder überschritten werden.

Tab. 1: Kenngrößen für das Klima in Bayern und das Gebiet Altmühl-Paar, gemittelt über den Zeitraum 1971-2000

Klimatische Kenngrößen	Bayern	Altmühl-Paar	
Mittlere Jahrestemperatur	7,8	8,1	[°C]
Anzahl der Eistage (Tagesmaximum < 0 °C)	30	28	[Tage/Jahr]
Anzahl der Frosttage (Tagesminimum < 0 °C)	109	107	[Tage/Jahr]
Anzahl der Sommertage (Tagesmaximum > 25 °C)	32	36	[Tage/Jahr]
Anzahl Heißer Tage (Tagesmaximum > 30 °C)	5	6	[Tage/Jahr]
Niederschlagssumme im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April)	400	307	[mm]
Niederschlagssumme im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober)	533	441	[mm]

Der Kenngrößenvergleich zeigt, dass es im überwiegenden Teil des Gebiets Altmühl-Paar wärmer und trockener ist als im bayerischen Landesdurchschnitt.

Klimatische Veränderungen wurden im Rahmen von KLIWA gebietsbezogen über die Analyse des Langzeitverhaltens der Messreihen von Temperatur und Gebietsniederschlag in Bayern ermittelt (Klimamonitoring). In der Mess-/Auswerteperiode 1931–2010 weist dabei die Jahresmitteltemperatur im Gebiet Altmühl-Paar einen deutlichen Anstieg von +1,2 °C auf (Abb. 2). Der Anstieg ist somit geringfügig höher als die mittlere Veränderung für ganz Bayern von +1,1 °C.

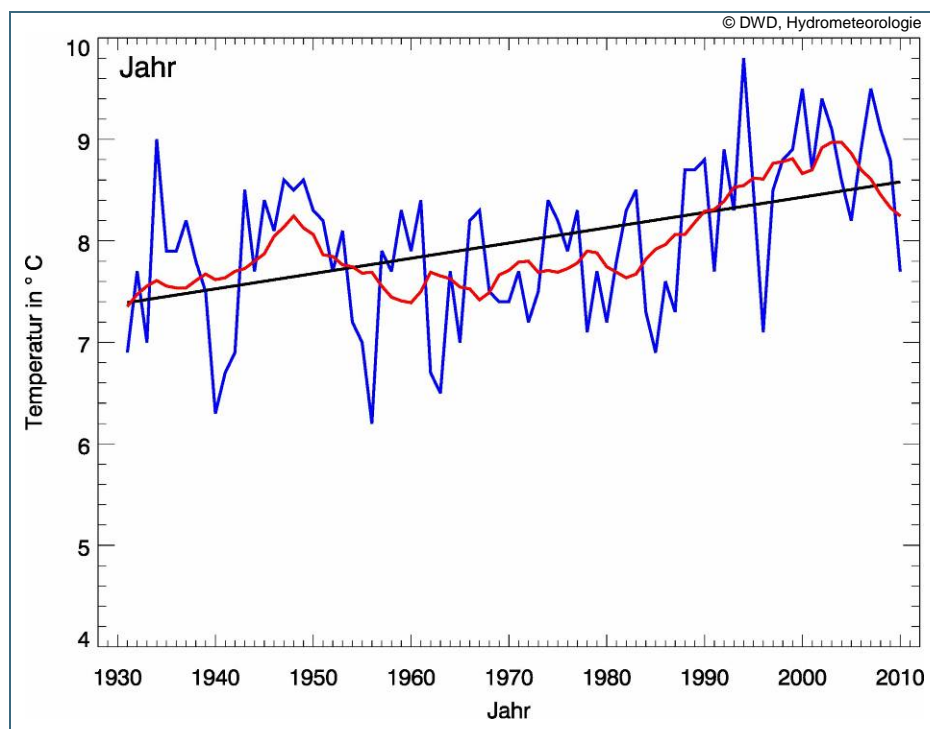


Abb. 2:  
Verlauf der Jahresmitteltemperatur im Flussgebiet Altmühl-Paar (blau); gleitender zehnjähriger Mittelwert (rot) und linearer Trend (schwarz) 1931–2010

Für den mittleren Gebietsniederschlag ist im Zeitraum 1932–2010 im hydrologischen Winterhalbjahr eine Zunahme von +26 % feststellbar. Dagegen ist im hydrologischen Sommerhalbjahr keine Änderung des Gebietsniederschlags (Abb. 3 und Abb. 4) auszumachen. Diese Veränderungen sind den bayernweiten Trends sehr ähnlich (hydr. Winterhalbjahr +22 % und hydr. Sommerhalbjahr -1 %).

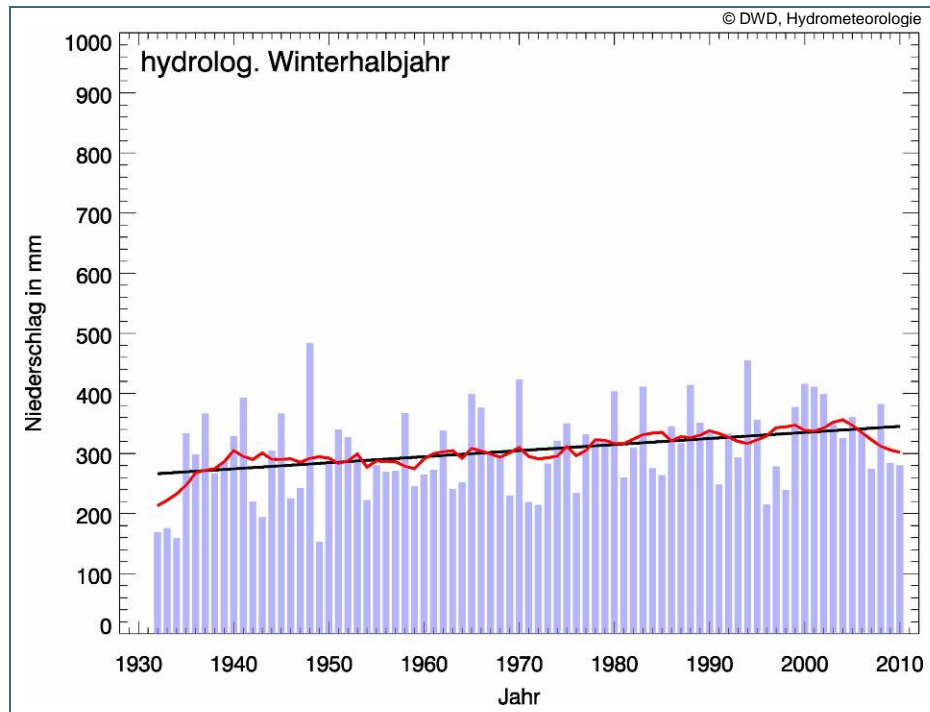


Abb. 3:  
Verlauf des mittleren Gebietsniederschlags im Flussgebiet Altmühl-Paar (blau), gleitender zehnjähriger Mittelwert (rot) und linearer Trend (schwarz) für das hydrologische Winterhalbjahr, Zeitreihe 1931–2010

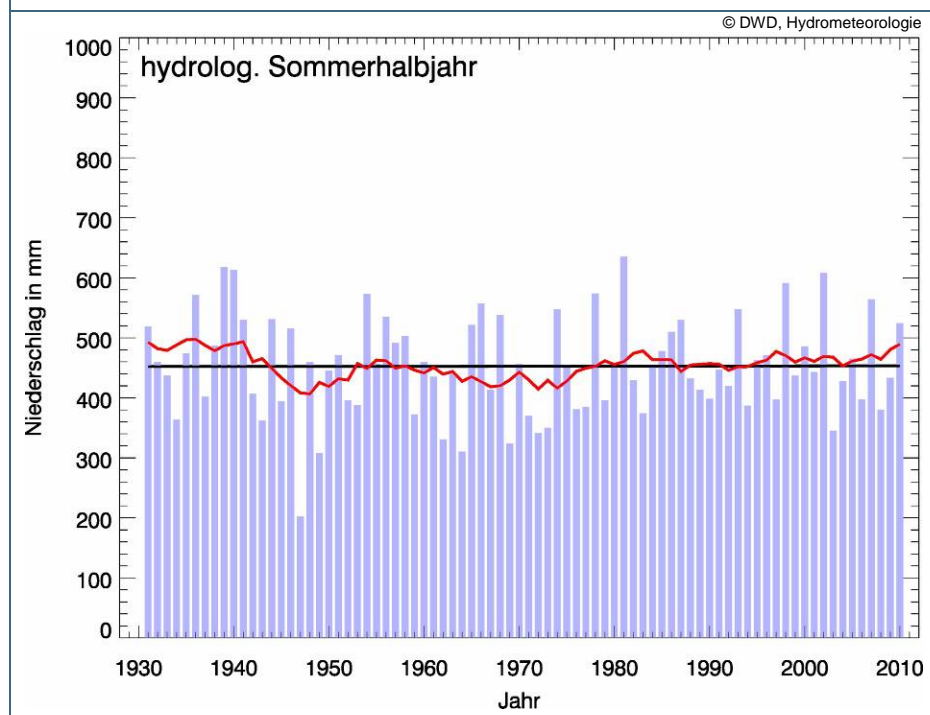


Abb. 4:  
Wie Abb. 3 für das hydrologische Sommerhalbjahr.

### 3 Klimaprojektionen – Abschätzung künftiger Klimaänderungen

Die zu erwartende Änderung des Klimas wird grundsätzlich über die Modellkette „Emissionsszenario (hier: A1B) – Globales Klimamodell – Regionalmodell“ simuliert (weitere Informationen siehe Gesamtdarstellung „Klimabericht Bayern“). Die Ergebnisse der Klimamodelle sind weder zeitlich noch räumlich als punktgenaue Vorhersagen zu verstehen, vielmehr charakterisieren sie einen szenarioabhängigen, möglichen mittleren Zustand des Klimas über einen langen Zeitraum (Klimastatistik). Die Ergebnisse der Modellsimulationen werden in diesem Zusammenhang als Klimaprojektionen bezeichnet. Klimaprojektionen, die das politische Ziel beinhalten, die globale Erwärmung auf maximal +2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, sind hierbei in den Modellsimulationen nicht berücksichtigt.

Um die so simulierte Veränderung des Klimas beschreiben und Ergebnisse von Klimaprojektionen besser untereinander vergleichen zu können, werden Klimaänderungssignale ermittelt. Dabei wird für jede regionale Klimaprojektion z. B. die errechnete mittlere Temperatur des zukünftigen Zeitraums mit dem Simulationsergebnis eines Zeitraums aus der Vergangenheit (Kontrolllauf) verglichen und der Unterschied angegeben. Für eine verlässliche Beschreibung der Klimastatistik werden Mittelwerte aus einer 30-jährigen Periode berechnet. Dazu werden die Änderungen der Temperatur aus den Tagesmittelwerten und die Änderungen des Niederschlags anhand der Tagessummen bestimmt. Zusätzlich werden Änderungen der Häufigkeit der Kenntage aus den Tagesminima- und -maxima der Temperatur ermittelt. Zur Darstellung der Entwicklung des zukünftigen Klimas werden für die vorliegenden Auswertungen vor allem die Jahre 2021–2050, also der Zeitraum bis Mitte des Jahrhunderts, gewählt. Darüber hinaus dargestellte Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen bis Ende des Jahrhunderts sind aufgrund der zunehmenden Unsicherheiten als orientierende Aussage zu betrachten, dies ist bei der Interpretation der Veränderungen zu berücksichtigen.

Durch unterschiedliche Kombination von drei Global- und sechs Regionalmodellen liegen aktuell systematische Auswertungen von zehn regionalen Klimaprojektionen für die Klimavariablen Temperatur und Niederschlag am LfU vor. Damit ergibt sich eine Bandbreite möglicher Veränderungen des zukünftigen Klimas, die einerseits Hinweise auf die Unsicherheiten der Modellkette, andererseits aber auch auf die Robustheit der aus den Klimaprojektionen abgeleiteten Aussagen liefert. Neben der Bandbreite der Projektionen werden im Weiteren exemplarisch die Ergebnisse der vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellten regionalen Klimaprojektionen WETTREG2006 und WETTREG2010 besonders betrachtet. Diese sind bisher schwerpunktmäßig zur Abschätzung des möglichen zukünftigen Wasserhaushalts bayerischer Flussgebiete bis Mitte des Jahrhunderts verwendet worden. WETTREG2010 stellt eine Weiterentwicklung des statistischen Regionalmodells WETTREG2006 dar, das zunächst als Grundlage für die Wirkungsmodellierung (z. B. in Wasserhaushaltsmodellen) und für die Aussagen in der BayKLAS verwendet wurde. Die Randbedingung bildet in beiden Fällen das Globalmodell ECHAM5. Die Ergebnisse von WETTREG2006 und WETTREG2010 liefern eine vorläufige erste Bandbreitenabschätzung.

Eine Übersicht der ausgewerteten Regionalmodelle und der Anzahl ihrer Raster- bzw. Stationenpunkte für das Flussgebiet Altmühl-Paar zeigt die nachstehende Tabelle. Die hier verwendeten regionalen Klimamodelle werden - sofern nicht anders angegeben - mit dem Globalmodell ECHAM5 angetrieben.

Tab. 2: Anzahl der für die einzelnen Klimamodelle betrachteten Rasterpunkte bzw. Messstationen für Niederschlag und Temperatur im Flussgebiet Altmühl-Paar.

	Regionales Klimamodell (Regional Climate Model – RCM)					
	dynamisch		statistisch			
	CLM 2008	REMO 2006	STAR2	WETTREG 2006	WETTREG 2009	WETTREG 2010
<b>Niederschlag</b>						
Anzahl Raster/Stationen	22	69	54	23	65	57
<b>Temperatur</b>						
Anzahl Raster/Stationen	22	69	54	7	9	9

### 3.1 Temperaturänderung

Allgemein zeigt die Entwicklung der mittleren Jahrestemperatur für die nahe Zukunft (2021–2050) auf Grundlage des Emissionsszenarios A1B eine deutliche Erwärmung für das Gebiet Altmühl-Paar. Das Änderungssignal der ausgewerteten zehn Klimaprojektionen reicht von +0,8 °C bis +1,9 °C, wobei die Hälfte der Klimaprojektionen einen Anstieg über +1,2 °C verzeichnet. Die Temperaturänderung im Planungsraum fällt damit ähnlich hoch aus wie im bayerischen Durchschnitt. Bis zum Ende des Jahrhunderts ist in der Region – wie auch in ganz Bayern – mit einem weiteren deutlichen Anstieg der Temperatur zu rechnen. Damit einhergehend ist bei den Kenntagen ein Anstieg der Anzahl der Tage mit Höchsttemperaturen über 25 °C bzw. 30 °C feststellbar. Zudem wird die Anzahl der Tage mit Tageshöchst- und Tagestiefsttemperaturen unter 0 °C deutlich abnehmen.

#### 3.1.1 Entwicklung der Jahresmitteltemperatur

Ähnlich der in den Berichten des IPCC dargestellten Bandbreiten globaler Temperaturanstiege für das A1B-Szenario zeigen auch die zehn hier ausgewerteten regionalen Klimaprojektionen erwartungsgemäß eine Bandbreite ansteigender Temperaturen für die Region Altmühl-Paar an (Abb. 5). Da die Jahreswerte entsprechend der natürlichen Variabilität stark schwanken, sind die Entwicklungen als 30-jährige gleitende Mittel dargestellt. Alle regionalen Klimaprojektionen zeigen übereinstimmend einen klar signifikanten Anstieg der mittleren Jahrestemperatur, d. h. die Zunahmen fallen deutlicher aus als aufgrund der natürlichen Variabilität der Jahrestemperatur im Kontrollzeitraum zu erwarten wäre. Im 30-jährigen Mittel 2021–2050 erreichen einige Projektionen bereits Zunahmen bis etwa +2 °C, die bis zum Ende des Jahrhunderts weiter ansteigen. Dabei liegt die in der BayKLAS betrachtete Klimaprojektion WETTREG2006 am unteren Rand der hier betrachteten Bandbreite.

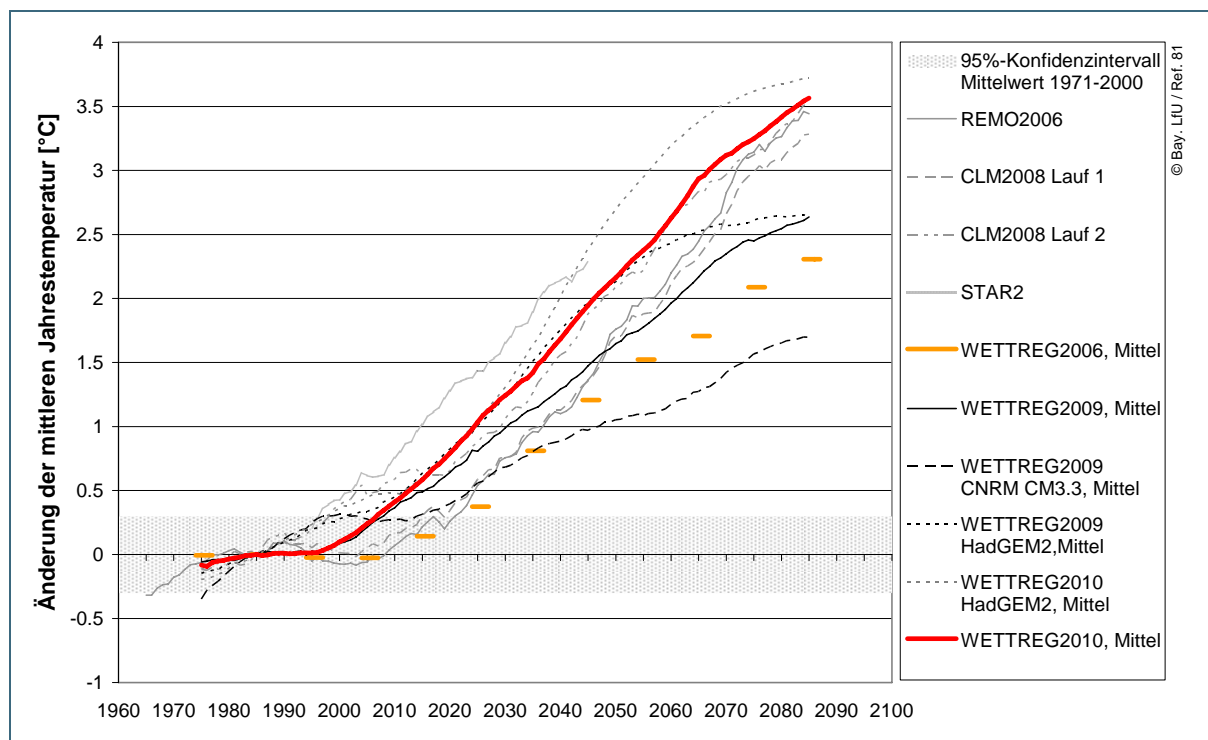


Abb. 5: Änderung des 30-jährigen, gleitenden Mittelwerts der Jahrestemperatur gegenüber dem Kontrollzeitraum 1971–2000 in [°C] für die Region Altmühl-Paar. Der Vertrauensbereich des Mittelwerts 1971–2000 ( $\pm 0,3$  °C, graues Band) berücksichtigt die natürliche Variabilität der Jahreswerte dieses Zeitraums und dient als Hinweis auf die Signifikanz des Änderungssignals. WETTREG2010 (rot, durchgezogene Linie) liegt im oberen, WETTREG2006 (orange, gestrichelt) im unteren Bereich der Bandbreite; für die WETTREG-Projektionen ist der Mittelwert aus zehn Realisationen dargestellt. Wenn nicht anders angegeben, ist ECHAM5 als antreibendes Globalmodell genutzt.

### 3.1.2 Temperaturänderung im Jahresverlauf

Neben der mittleren Jahrestemperatur ist die innerjährliche Entwicklung der Temperatur von Interesse um z. B. Änderungen der Vegetationsperiode abschätzen zu können. Abb. 6 zeigt die Bandbreite und Verteilung des Temperaturänderungssignals über die Jahreszeiten. Besonders auffällig sind die hohen Unterschiede zwischen den Klimaprojektionen: Im Winter und Frühjahr treten Unterschiede zwischen den Projektionen von rund 2 °C auf, während im Sommer und Herbst eine etwas bessere Übereinstimmung der Projektionen vorliegt. Auch hier liegt WETTREG2010 im mittleren bis oberen Bereich und WETTREG2006 mit Ausnahme des Winters am unteren Rand der aufgespannten Bandbreite.

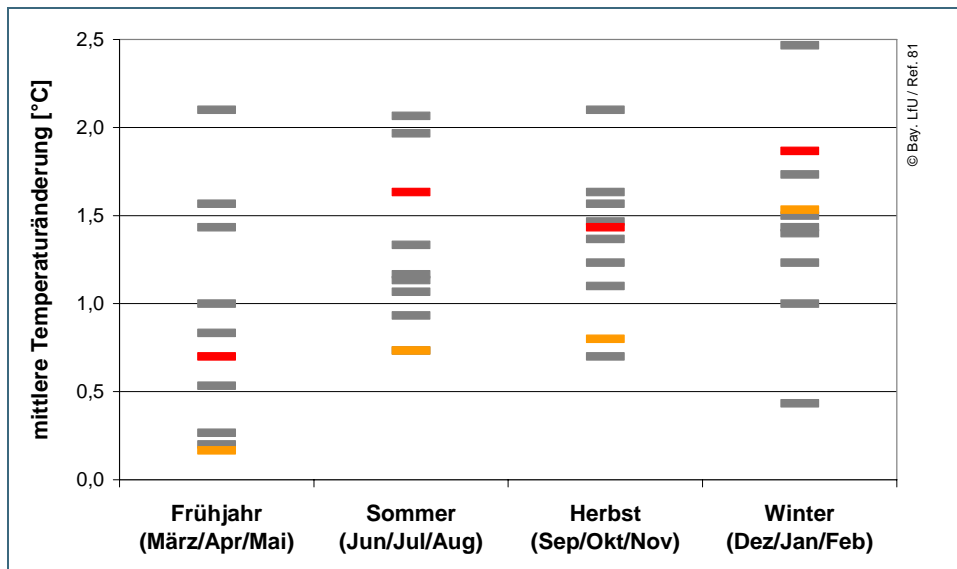


Abb. 6: Jahreszeitliche Spannweite der Änderung der durchschnittlichen Temperatur von zehn regionalen Klimaprojektionen in [°C] für die Region Altmühl-Paar, Vergleich der Zeiträume 2021–2050 und 1971–2000; WETTREG2006 (in orange) und WETTREG2010 (in rot) sind hervorgehoben.

Beispielhaft dargestellt in Abb. 7 sind die Änderungssignale der Temperatur als Monats-, Jahreszeiten- und Jahresmittelwert von WETTREG2006 und WETTREG2010. Beide Projektionen zeigen im Jahresverlauf im Frühling die geringste und im Winter die stärkste Temperaturzunahme. Die durchschnittliche Jahrestemperatur nimmt bei WETTREG2006 um +0,8 °C und bei WETTREG2010 um +1,4 °C zu.

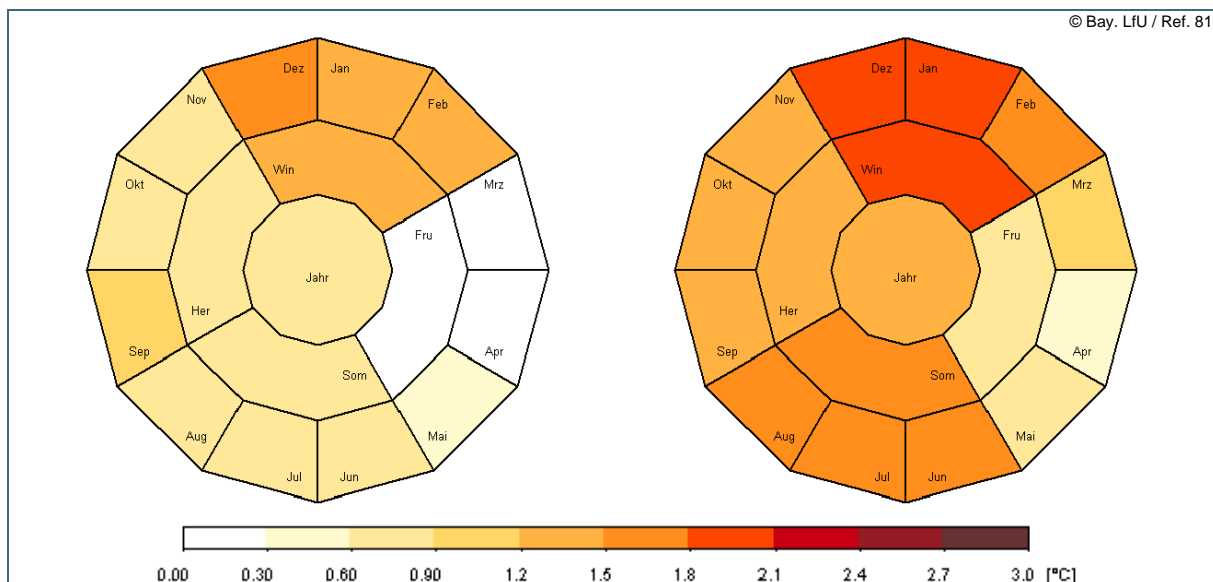


Abb. 7: Veränderung der Mitteltemperaturen 2021–2050 gegenüber 1971–2000 in [°C] bei WETTREG2006 (links) und WETTREG2010 (rechts) für die Region Altmühl-Paar. Darstellung der jährlichen (innerer Ring), der jahreszeitlichen (mittlerer Ring) und der monatlichen Änderungen (äußerer Ring).

### 3.1.3 Änderung der Häufigkeit von Kenntagen

Zusätzlich zur Betrachtung der Temperaturmittelwerte eignen sich Kenntage der Temperatur um zukünftige Veränderungen des Klimas zu charakterisieren. In Abb. 8 ist die mittlere Änderung der Häufigkeit der Kenntage pro Jahr dargestellt (durchschnittliche Häufigkeiten von Kenntagen der Vergangenheit siehe Kapitel 2).

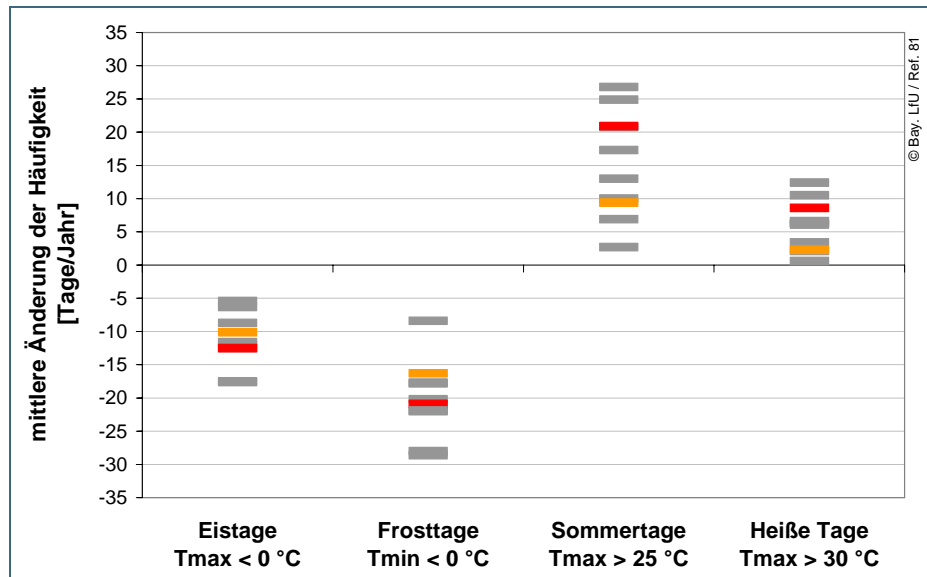


Abb. 8: Spannweite der mittleren Veränderung der Häufigkeit der Kenntage pro Jahr für die Region Altmühl-Paar Vergleich der Zeiträume 2021–2050 und 1971–2000; Auswertung von zehn regionalen Klimaprojektionen (in grau); WETTREG2006 (in orange) und WETTREG2010 (in rot) sind hervorgehoben.

Wie bereits bei der innerjährlichen Temperaturverteilung angedeutet, führt die starke Erwärmung auch zu Änderungen bei den Tagesmaxima und Tagesminima – deutlich ablesbar an der Abnahme der jährlichen Anzahl an Eis- und Frosttagen (Tageshöchst- bzw. Tagestiefsttemperatur unter 0 °C) und der Zunahme der jährlichen Anzahl an Sommer- und Heißen Tagen (Tageshöchsttemperatur über 25 °C bzw. 30 °C). Die stärkere Erwärmung in der Projektion WETTREG2010 gegenüber WETTREG2006 kommt auch hier durch ein größeres Änderungssignal klar zum Ausdruck.

## 3.2 Niederschlagsänderung

Die zu erwartende zukünftige Niederschlagsentwicklung lässt bei den betrachteten Projektionen wenig übereinstimmende Tendenzen erkennen. Im hydrologischen Winterhalbjahr gibt es kein einheitliches Änderungsmuster, deutliche Zunahmen des Niederschlags sind nur bei einigen Projektionen vorhanden. Im hydrologischen Sommerhalbjahr ist mit abnehmenden Niederschlägen zu rechnen. Ähnlich wie bei den Auswertungen für ganz Bayern werden die Änderungen im Gebiet Altmühl-Paar erst gegen Ende des Jahrhunderts deutlicher erkennbar. Insgesamt zeichnet sich eine in der Größenordnung ähnliche Entwicklung des Gebietsniederschlags wie im landesweiten Durchschnitt ab.

### 3.2.1 Entwicklung des Niederschlags

Die Aufteilung in hydrologische Halbjahre in Abb. 9 und Abb. 10 zeigt die unterschiedlichen Charakteristiken der Änderungssignale des Niederschlags an. Der grau markierte Bereich von  $\pm 10\%$  berücksichtigt die Variabilität des halbjährlichen Niederschlags im Kontrollzeitraum 1971–2000, d. h. erst wenn ein Änderungssignal diesen Bereich verlassen hat, kann von einer deutlichen Änderung ausgegangen werden. Aufgrund der sehr hohen natürlichen Variabilität des Niederschlags sind die Entwicklungen als 30-jährige gleitende Mittel dargestellt.

Im hydrologischen Winterhalbjahr ist bis 2050 teilweise ein Anstieg des Gebietsniederschlags erkennbar, der bei mehreren Projektionen außerhalb des Bereichs von  $\pm 10\%$  liegt. Dabei ist bei den Klimaprojektionen eine Zweiteilung zu beobachten, mit sowohl deutlichen Zunahmen als auch sehr geringen Veränderungen. Da aber in der Vergangenheit bereits deutliche Zunahmen des Niederschlags im Winterhalbjahr beobachtet wurden, erscheint eine weitere Niederschlagszunahme durchaus plausibel.



Ähnlich wie im Winterhalbjahr sind die Änderungen im hydrologischen Sommerhalbjahr im Zeitraum 2021–2050 bezogen auf den Kontrollzeitraum nur gering. Die Tendenz ist jedoch eindeutiger als beim Winterhalbjahr: eine leichte Abnahme des Niederschlags ist erkennbar, die erst in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts stärker als -10 % ausfällt.

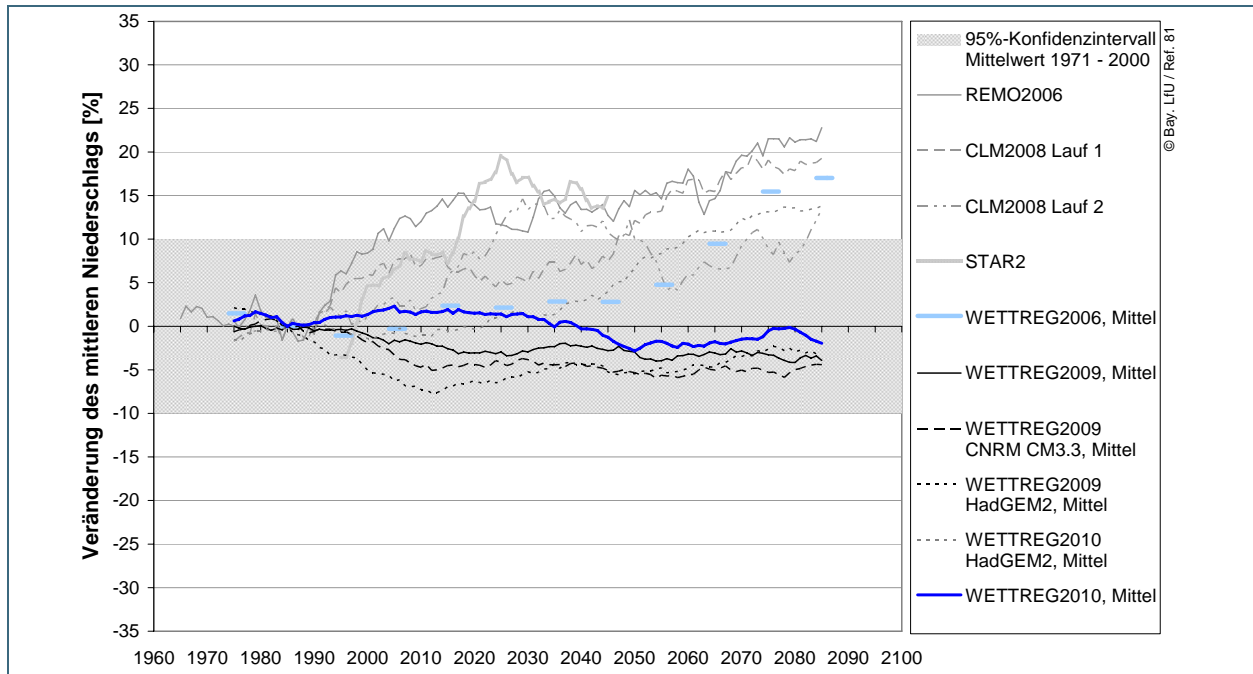


Abb. 9: Relative Änderung des 30-jährigen gleitenden Mittelwerts des Gebietsniederschlags im hydrologischen Winterhalbjahr gegenüber 1971–2000 in [%] für die Region Altmühl-Paar. Der Vertrauensbereich des Mittelwerts 1971–2000 ( $\pm 10\%$ , graues Band) berücksichtigt die natürliche Variabilität der Halbjahreswerte dieses Zeitraums und dient als Hinweis auf die Signifikanz des Änderungssignals. WETTREG2010 (blau) und WETTREG2006 (hellblau) sind hervorgehoben; für die WETTREG-Projektionen ist der Mittelwert aus zehn Realisationen dargestellt. Wenn nicht anders angegeben, ist ECHAM5 als antreibendes GCM genutzt.

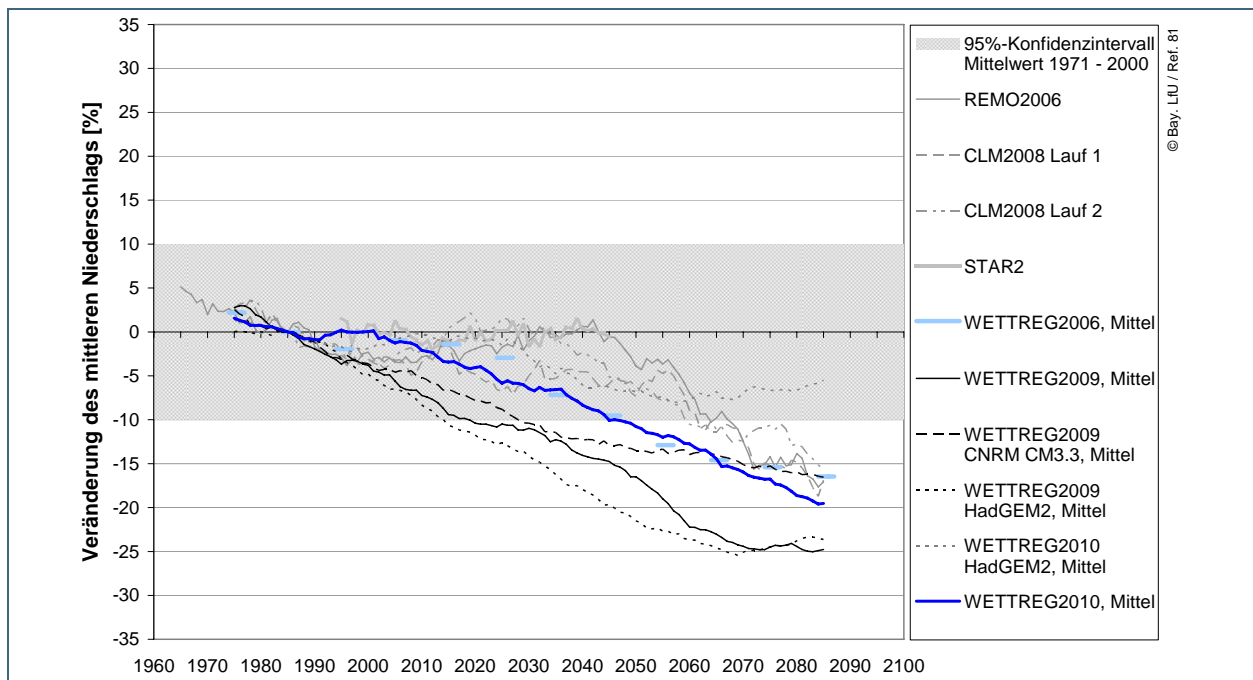


Abb. 10: Wie Abb. 9, für das hydrologische Sommerhalbjahr.

### 3.2.2 Niederschlagsänderung im Jahresverlauf

Die betrachteten Klimaprojektionen unterscheiden sich auch in der innerjährlichen Verteilung der Niederschlagsänderungen. Die von der Jahreszeit abhängige Bandbreite der untersuchten Klimaprojektionen wird in Abb. 11 dargestellt. Im Gegensatz zur Temperaturänderung ist bei den mittleren jahreszeitlichen und monatlichen Niederschlägen kein übereinstimmendes Änderungsmuster auszumachen. Besonders hohe Unterschiede treten vor allem im Herbst mit teils abnehmenden, teils stark zunehmenden Niederschlägen auf. Nur im Sommer zeigt sich eine leicht abnehmende Tendenz der Gebietsniederschläge.

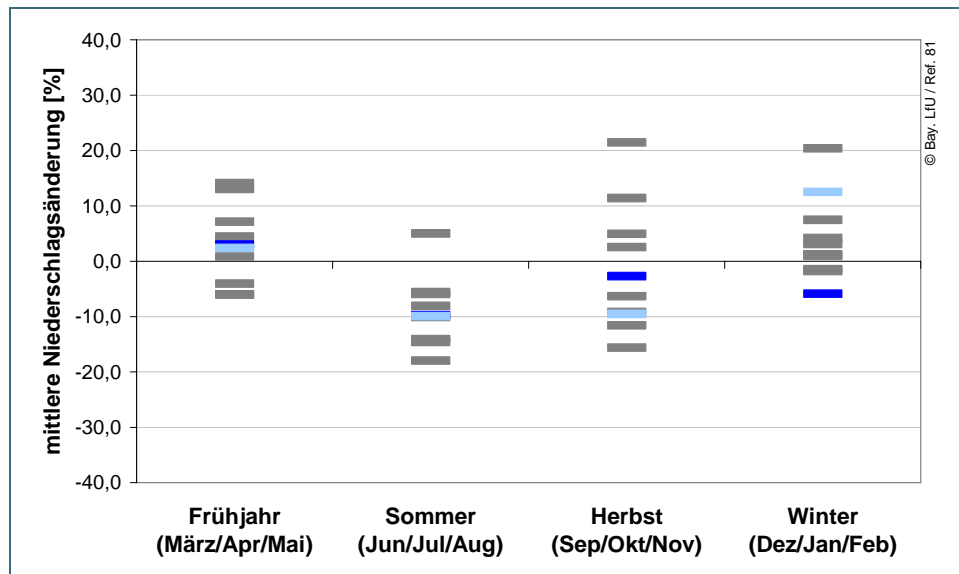


Abb. 11: Jahreszeitliche Spannweite der relativen Änderung des Gebietsniederschlags für die Region Altmühl-Paar, in [%]; Vergleich der Zeiträume: 2021–2050 und 1971–2000; Auswertung von zehn regionalen Klimaprojektionen (in grau), WETTREG2006 (in hellblau) und WETTREG2010 (in dunkelblau) sind hervorgehoben.

Die nachstehenden Ringdiagramme für die Klimaprojektionen WETTREG2006 und WETTREG2010 (Abb. 12) veranschaulichen Veränderungen für unterschiedliche Zeiträume. Im Jahresdurchschnitt, im Frühjahr und Herbst gibt es geringe Änderungen des Niederschlags, während in den Sommermonaten ein leichter Niederschlagsrückgang erkennbar ist. Ein gegensätzliches Änderungssignal existiert dagegen im Winter: WETTREG2006 fällt mit ansteigenden Niederschlägen deutlich feuchter als WETTREG2010 aus.

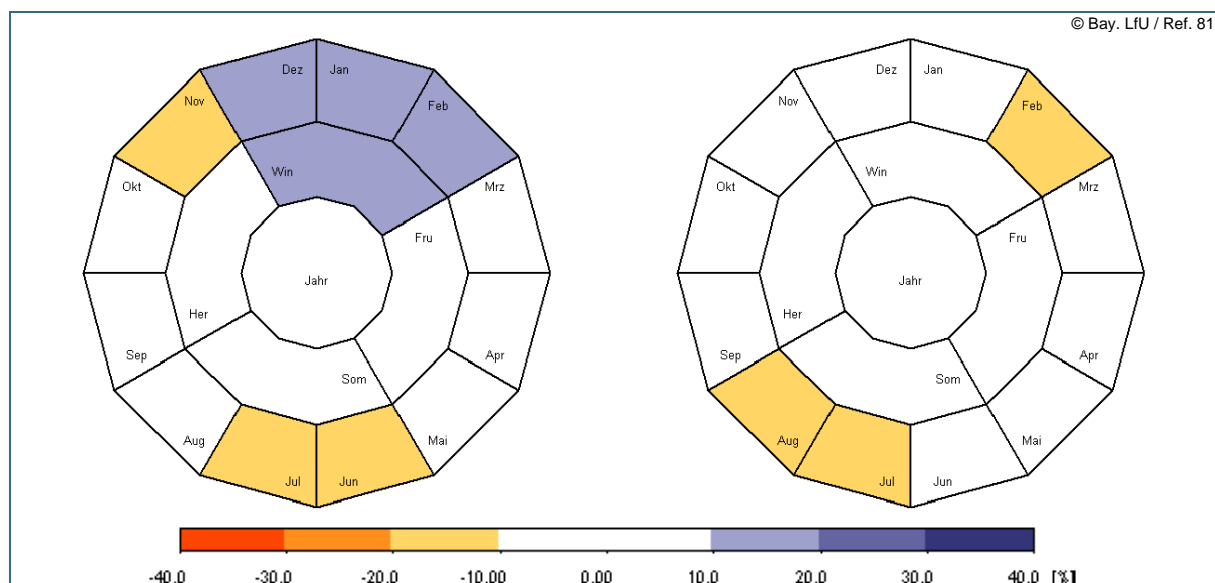


Abb. 12: Relative Veränderung der Gebietsniederschlagssumme für die Region Altmühl-Paar von 2021–2050 gegenüber 1971–2000 in [%] bei WETTREG2006 (links) und WETTREG2010 (rechts). Darstellung der mittleren jährlichen Änderung (innerer Ring), der mittleren jahreszeitlichen Änderung (mittlerer Ring) und der mittleren monatlichen Änderung (äußerer Ring).

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von der bisher in der Region Altmühl-Paar festgestellten Zunahme der mittleren Jahrestemperatur von +1,2 °C im Zeitraum 1931–2010 ist auch in Zukunft eine weitere Erwärmung zu erwarten. Bei der Mehrzahl der zehn betrachteten regionalen Klimaprojektionen beträgt der Temperaturanstieg für den Zeitraum 2021–2050 gegenüber 1971–2000 mehr als +1 °C bei einer ermittelten Bandbreite von +0,8 °C bis +1,9 °C. Dieser Trend setzt sich bis zum Ende des Jahrhunderts fort. Damit wird der in der Bayerischen Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS vom September 2009) angegebene Erwärmungstrend bestätigt bzw. übertroffen.

Die Auswertung der Temperatur-Kenntage zeigt einen deutlichen Rückgang der Eis- und Frosttage sowie eine Zunahme der Sommertage und Heißen Tage, womit ebenfalls die ganzjährige Verschiebung des Temperaturregimes zu höheren Werten erkennbar wird.

In den einzelnen Jahreszeiten weisen die mittleren Temperaturänderungen der betrachteten regionalen Klimaprojektionen große Bandbreiten auf. Abgesehen von einer generellen Temperaturzunahme lässt sich daher kein übereinstimmendes Änderungsmuster im Jahresgang erkennen. Bei einigen Projektionen (z. B. WETTREG2006 und WETTREG2010) werden die größten Temperaturzunahmen im Winter und die geringsten im Frühjahr ermittelt.

Für den Gebietsniederschlag konnte anhand der Messdaten im Zeitraum 1931–2010 bereits eine deutliche Zunahme (+26 %) im hydrologischen Winterhalbjahr bei unveränderter Niederschlagssumme im Sommerhalbjahr festgestellt werden. Für den Zeitraum 2021–2050 hingegen setzt sich die bisherige starke Zunahme der Niederschläge im Winterhalbjahr nicht bei allen Projektionen fort. Es ist eine Zweiteilung der Ergebnisse in Projektionen ohne Veränderungen und Projektionen mit deutlichen Zunahmen zu erkennen. Somit ist die Entwicklung im hydrologischen Winterhalbjahr noch mit Unsicherheiten behaftet. Aufgrund des in der Vergangenheit beobachteten Trends erscheint allerdings eine weitere Zunahme der Niederschläge plausibel.

Für das Sommerhalbjahr ergeben sich tendenziell abnehmende Niederschläge, aber erst am Ende des Jahrhunderts sind robuste Änderungssignale, die stärker als -10 % sind, erkennbar. Diese Befunde sind somit vergleichbar mit den in der BayKLAS dargestellten Ergebnissen von WETTREG2006. Vor allem aufgrund der uneinheitlichen Niederschlagsänderungen im Frühjahr und Herbst sind Aussagen über die zukünftige Entwicklung der mittleren jahreszeitlichen Gebietsniederschläge derzeit noch mit Unsicherheiten verbunden.

Abschließend ist festzuhalten, dass die betrachteten Klimaprojektionen eine Bandbreite für das zukünftige Klima im untersuchten Flussgebiet aufzeigen. Diese Bandbreite ist letztlich Ausdruck der Unsicherheiten in den genutzten Modellketten, so dass sich robuste Aussagen nur aus übereinstimmenden Signalen der Projektionen ableiten lassen.

Weitergehende Auswertungen z. B. hinsichtlich der Veränderung von Starkniederschlägen, der Länge der Vegetationsperiode oder der Dauer von Trockenperioden liegen gegenwärtig noch nicht vor, werden aber sukzessive durchgeführt. Anmerkungen hierzu sind in der Gesamtdarstellung „Klimabericht Bayern“ zu finden.

Neben den übergreifenden Informationen im „Klimabericht Bayern“ sind auch für alle anderen bayerischen Flussgebiete (analog den Planungsräumen der WRRL) detaillierte Ergebnisse zu klimatischen Veränderungen in vergleichbaren Regionalberichten dargestellt. Darüber hinaus wird das LfU neue Entwicklungen und Erkenntnisse zum regionalen Klimawandel weiter verfolgen und die bisher vorliegenden Auswertungen zeitnah fortschreiben und ergänzen.

## 5 Literaturhinweise

Der Klimawandel in Bayern – Auswertung regionaler Klimaprojektionen; Klimabericht Bayern

Verfügbar unter: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

Kooperationsvorhaben KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft):

Die wesentlichen Berichte siehe: [www.kliwa.de](http://www.kliwa.de)

KLIWA 2011; Klimawandel in Süddeutschland, Veränderung von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen; Monitoringbericht 2011

KLIWA 2009; Kurzbericht Regionale Klimaszenarien und Wasserhaushaltsmodellierung - Ergebnisse der regionenspezifischen Auswertungen von Klimaprojektionen im Vorhaben KLIWA

Bayerische Klima-Anpassungsstrategie (BayKLAS),

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (StMUG), 2009

Verfügbar unter: [www.stmug.bayern.de](http://www.stmug.bayern.de)

IPCC-Report und SRES - Emissionsszenarien:

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2007; Climate Change 2007 – The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report

Regionale Klimaprojektion WETTREG2006:

SPEKAT, A.; ENKE, W.; KREIENKAMP, F. 2007; Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES Szenarios B1, A1B und A2, Endbericht, UMWELTBUNDESAMT (UBA)

Regionale Klimaprojektion WETTREG2010:

SPEKAT, A.; ENKE, W.; KREIENKAMP, F. 2010; Weiterentwicklung von WETTREG bezüglich neuartiger Wetterlagen, CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULTING POTSDAM GMBH, im Auftrag der Bundesländer, 2010

SPEKAT, A.; ENKE, W.; KREIENKAMP, F. 2010; Ergebnisse eines regionalen Szenarienlaufs für Deutschland mit dem statistischen Modell WETTREG2010, CLIMATE & ENVIRONMENT CONSULTING POTSDAM GMBH, i. A. des UBA

---

### Impressum:

Herausgeber:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg

Telefon: 0821 9071-0  
Telefax: 0821 9071-5556  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:  
Bayerisches Landesamt für Umwelt  
86177 Augsburg

Bearbeitung:  
Ref. 81 / Danneberg, J., Ebert, C., Komischke, H.,  
Korck, J., Morscheid, H., Weber, J.

Bildnachweis:  
DWD, Hydrometeorologie: Abb. 2 bis Abb. 4

Stand:  
06/2012

