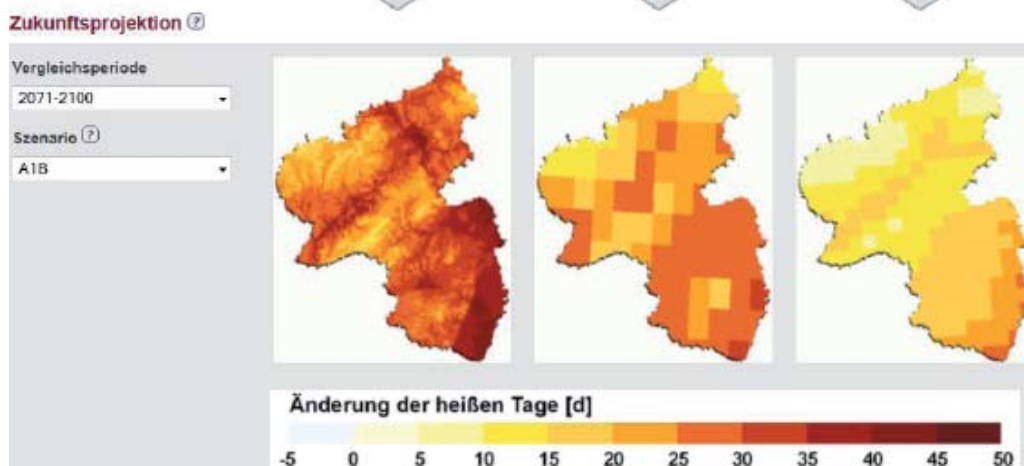
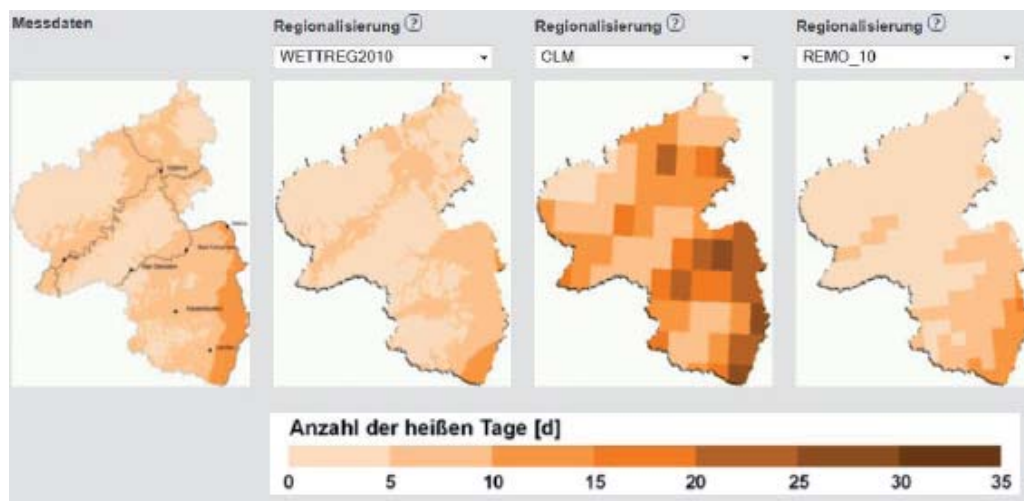




KLIMA- UND LANDSCHAFTSWANDEL IN RHEINLAND-PFALZ

KLIMAMODELLE UND KLIMAPROJEKTIONEN THEMENBLATT



Impressum

Herausgeber:
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
bei der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft

Hauptstraße 16
67705 Trippstadt

Telefon: +49 (0) 6306 / 911-0
Telefax: +49 (0) 6306 / 911-200
Internet: www.klimlandrp.de
www.klimawandel-rlp.de

Verantwortlich:
Der Leiter des Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen

Projektionen des zukünftigen Klimas

Das zukünftige Klima der Erde hängt von vielen Möglichkeiten der Menschheits- und damit auch der Emissionsentwicklung ab. Auch natürliche Extremereignisse spielen eine Rolle. Hinzu kommt, dass einige klimawirksame Prozesse noch nicht umfassend genug bekannt sind. Auch hinsichtlich möglicher Kippunkte des Erdklimas (tipping points) und ihrer genauen Mechanismen und Eintrittsschwellen bestehen noch große Unsicherheiten. Eine Prognose des in der Zukunft herrschenden Klimas ist somit nicht möglich. Deshalb spricht man auch von Projektionen des Zukunftsklimas, unter der Annahme von Entwicklungsszenarien.

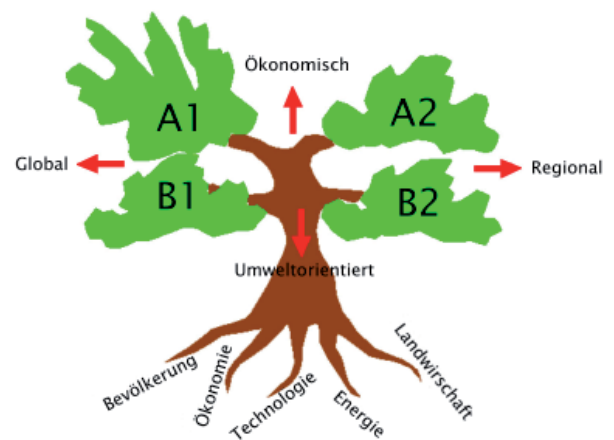
Die Module von KlimLandRP versuchen in ihren Forschungsansätzen belastbare Erkenntnisse nicht nur über die regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf Basis der aktuellen Klimamodellierung (Stand 4. IPCC Report 2007) zu erarbeiten, sondern auch Wege im Umgang mit den Unsicherheiten aufzuzeigen.

Szenarien der Entwicklung

Welche Mengen an Treibhausgasen in die Atmosphäre emittiert werden, hängt von weltweiten ökonomischen, sozialen und politischen Entwicklungen ab. Diese sind grundsätzlich nicht vorhersagbar. Daher wird die Bandbreite an möglichen Klimaveränderungen über unterschiedliche Szenarien für Treibhausgasemissionen abgebildet. Bestimmend dafür sind Annahmen über die künftige Entwicklung der Menschheit, d.h. über die technologische Entwicklung, den Einsatz fossiler und erneuerbarer Energien sowie über die Bevölkerungsentwicklung. Daraus ergibt sich eine vielfältige Palette von gleichwahrscheinlichen Emissionsszenarien, die wiederum die Grundlage für Projektionen der künftigen Klimaentwicklung sind. Bereits für den 3. IPCC Report (2001) wurden Szenariengruppen (Abbildung 1) zur Beschreibung der zukünftigen Konzentrationen an Treibhausgasen in der Atmosphäre definiert. Sie sind auch Grundlage der aktuell zur Verfügung stehenden Klimaprojektionen.

Regionalisierte Klimaprojektionen für Deutschland liegen hauptsächlich für die drei Zukunftsszenarien A1B, A2 und B1 vor. Damit wird versucht, einen einigermaßen breiten Entwicklungskorridor für das zukünftige Klima in Deutschland abzudecken. Die Szenarienfamilie A1 beschreibt eine künftige Welt mit sehr raschem wirtschaftlichem Wachstum, mit

Abbildung 1:
Szenarienbaum nach IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES) (2001).



einer Weltbevölkerung, deren Zahl bis Mitte des 21. Jahrhunderts zu- und danach abnimmt sowie mit einer raschen Einführung von neuen und effizienteren Technologien. A1B bedeutet innerhalb der Szenarienfamilie A1 eine Ausgeglichenheit über alle Energieträger hinweg. Eine Abschätzung für das emissionsstärkste Szenario A1FI (FI für intensive Nutzung fossiler Energieträger) wurde nur mit Hilfe vereinfachter Klimamodelle durchgeführt und konnte deshalb zur Regionalisierung für Deutschland nicht weiter verwendet werden.

Die Szenarienfamilie A2 beruht auf einer zukünftig sehr heterogenen Welt. Die Geburtenraten der verschiedenen Regionen nähern sich nur langsam an, was zu einem kontinuierlichen Anstieg der Weltbevölkerung führt. Wirtschaftliches Wachstum ist vor allem regional orientiert, der technologische Wandel vollzieht sich fragmentierter und langsamer als in den anderen Szenarienfamilien.

Die Szenarienfamilie B1 beschreibt eine Welt mit der gleichen globalen Bevölkerung wie im Szenario A1, aber mit raschen Veränderungen in den wirtschaftlichen Strukturen hin zu einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, mit deutlich geringerer Materialintensität sowie Einführung von emissionsarmen und ressourcenschonenden Technologien.

Im Ergebnis dieser unterschiedlichen Entwicklungen steigen die jährlichen globalen Treibhausgasemissionen in allen Szenarien bis 2050 an. Anschließend sinken sie in B1 unter die Werte von 1990. Auch in A1B gehen sie zurück, während sich in A2 der Anstieg ungebremst fortsetzt.

Klimamodellierung

Klimamodelle bilden auf der Basis der Energiebilanz der Erde die wesentlichen Aspekte des Erdklimas ab. Dazu werden mit Hilfe der Grundgleichungen der Thermo- und Hydrodynamik und unter Verwendung von empirischen Beziehungen die Meeresströmungen, die Windzirkulation, die Luft- und Wassertemperaturen sowie die Wolken- und Eisbedeckung für die gesamte Erde nachgebildet. Die Modelle sind allerdings auch nur so zukunfts-tauglich, wie sie maßgebliche, eventuell auch erst zukünftig wichtige Prozesse beinhalten. Die Klimamodelle unterliegen einer laufenden Weiterentwicklung. Dem wachsenden Wissensstand trägt die regelmäßige Fortschreibung des IPCC Prozesses Rechnung.

Auch erlauben Klimamodelle keine Aussagen für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft. Vielmehr geben sie in erster Linie Auskunft darüber, wie häufig und wie wahrscheinlich bestimmte Witterungsstände in Abhängigkeit der Emissionsszenarien sein könnten.

Modellensemble

Für die jeweils zu Grunde gelegten Entwicklungsszenarien zeichnen die Klimamodellrechnungen kein einheitliches Bild des zukünftigen Klimas. Es gibt kein „bestes“ Klimamodell. Alle Modelle haben ihre spezifischen, methodenabhängigen Besonderheiten. Eine Gütesteigerung hinsichtlich der Belastbarkeit von Aussagen zur wahrscheinlichen Klimaentwicklung ergibt sich durch Nutzung möglichst vieler Modelle und Modellläufe. Man spricht von einem Ensembleansatz. Im Ergebnis gibt es keine „einzige“ Aussage für eine mögliche zukünftige Entwicklung, im Sinne eines in die Zukunft weisenden Vektors pro Emissionsszenario, sondern einen Korridor möglicher Entwicklungen. Diesen gilt es zu kommunizieren.

Um möglichst belastbare Aussagen zu erzielen, bildet der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderung in seinem 4. Sachstandsbericht (IPCC WG1 2007) für jedes Emissionsszenario mit Hilfe der Ensembles aus unterschiedlichen Modellen und einer Vielzahl von Modellläufen beste Schätzungen und wahrscheinliche Bandbreiten für die mittlere globale Erwärmung an der Erdoberfläche (siehe auch: www.de-ipcc.de). Die Schätzungen basieren auf einer Hierarchie von Modellen und umfassen ein einfaches Klimamodell, mehrere Modelle mittlerer Komplexität und eine

große Anzahl von globalen Atmosphäre-Ozean-Klimamodellen.

Globale und regionale Klimamodelle

Globale Klimamodelle liefern Daten in einer horizontalen Auflösung von ca. 80 bis 360 km. Auf Rheinland-Pfalz entfallen somit nur wenige Rasterzellen. Das künftige Klima in Rheinland-Pfalz wird so viel zu homogen wiedergegeben. Die unterschiedlichen Höhenlagen, Geländebeziehungen und Luv- bzw. Lee-Lagen des Landes werden durch globale Klimamodelle nicht abgebildet.

Die Beantwortung regionaler Fragestellungen bedarf der Berücksichtigung der regionalklimatischen Besonderheiten. Deshalb wurden Verfahren und Modelle zur Regionalisierung entwickelt. Sie werden von globalen Modellen angetrieben und liefern Aussagen für einen räumlich begrenzten Ausschnitt. Es stehen nach der Regionalisierung Klimadaten als Rasterdaten mit Maschenweiten von 10 bis 50 km oder Stationsdatensätze zur Verfügung.

Wollte man dem oben beschriebenen Ensembleansatz folgen, so müsste man jeden Globalmodelllauf mit allen verfügbaren Regionalmodellen verfeinern. Wenn man auch noch berücksichtigt, dass bei der Wirkungsmodellierung ebenfalls ein Satz von Modellen eingesetzt werden kann, so ergibt dies einen riesigen Fächer. Aufgrund der Vielzahl an erforderlichen Modellläufen ist deshalb eine entsprechende Vorgehensweise auf regionaler Ebene und in der Klimafolgenmodellierung für einzelne Bundesländer nicht leistbar.

Betrachtet man den weit gespreizten Bereich, der sich aus den vorhandenen Regionalisierungen der Globalmodellläufe für die unterschiedlichen Emissionsszenarien ergibt, so ist auf dieser Basis wenigstens eine Abschätzung des Korridors, in dem sich das zukünftige Regionalklima bewegen wird, machbar. Eine gewisse Unsicherheit bei den Korridor Grenzen verbleibt allerdings, da alle während der Projektlaufzeit von KlimLandRP für Rheinland-Pfalz verfügbaren regionalen Klimaprojektionen auf einem Globalmodell fußen.

Außerdem gilt es zu beachten, dass bei der direkten Folgenmodellierung, d.h. bei der Verwendung von Zeitreihendatensätzen, die den jeweiligen sektorspezifischen Entwicklungskorridor flankieren, diese Klimarealisierungen auch nur mit Einschränkungen

gen geeignet sind, um mögliche „extreme“ Folgen zu modellieren. Im Rahmen der Bandbreite der natürlichen Variabilität sind „extreme“ Witterungsge-schehen und Wetterereignisse möglich, die in diesen Modellläufen nicht aufgetreten sind.

Regionalisierungsverfahren

Zum regionalen Downscaling werden statistische Methoden oder dynamische Modelle (ähnlich den Globalmodellen) mit geringerem Gitterabstand verwendet.

- Statistische Verfahren verwenden die Messreihen von Klimastationen und entwickeln auf deren Basis Zukunftszeitreihen für diese Stationen. Aus den Globalmodellläufen werden die Muster der atmosphärischen Zirkulation oder das Temperatursignal entnommen.
- Dynamische Verfahren fokussieren auf Teilregionen des globalen Modells und rechnen in diesen Gebieten mit deutlich höherer räumlicher Auflösung („Nesting“), wobei an der Berandung des jeweiligen Teilrechengebietes die Antriebsdaten aus einem globalen Klimamodell zum Einsatz kommen. Hochentwickelte dynamische Regionalisierungen sind sehr aufwendig und erfordern hohe IT-Kapazitäten.

Klimaprojektionen für Rheinland-Pfalz

Für Rheinland-Pfalz erfolgte die hochauflösende Regionalisierung mit zwei statistischen und zwei dynamischen Regionalisierungsverfahren.

Die statistischen Regionalmodelle WETTREG2006 und WETTREG2010 beruhen auf einer wetterlagenbasierten Regionalisierungsmethode. Diese Methode basiert auf einer Klassifizierung der großräumigen atmosphärischen Muster in einzelne Zirkulationsformen. Es werden statistische Beziehungen zwischen diesen und den lokalen Wetterwirkungen identifiziert, wobei diese aus der Vergangenheit gewonnenen Beziehungen dann auf die Zukunftsläufe der globalen Modelle angewendet werden. Mit Hilfe eines „Wettergenerators“ wird eine Vielzahl möglicher Realisierungen, d.h. fiktiver Reihen erzeugt. Hierzu werden entsprechend der Häufigkeitsverteilung des Auftretens der atmosphärischen Muster (Zirkulationsformen) im Globalmodelllauf, einzelne, zu den jeweiligen Wetterlagen passende, Witterungsabschnitte nach dem Zufallsprinzip zu Zukunftszeit-

reihen aneinandergefügt. Alle Realisierungen sind gleich wahrscheinlich und stellen Regionalisierungsoptionen eines einzigen Globalmodelllaufes dar. An den Standorten der verwendeten Klimastationen werden so lokale synthetische Klimazeitreihen auf Tageswertbasis erzeugt. Für die Arbeiten in KlimLandRP lagen pro Szenario 10 gleich wahrscheinliche Realisierungen vor. Zusätzlich gibt es beim WETTREG2006 Datensatz, hieraus abgeleitet, jeweils eine weitere trockene (tro), feuchte (feu) und normale (nor) Zeitreihe.

Tabelle 1

Bezeichnung der Datensätze mit Quellenangabe.

Übersicht der in KlimLandRP verwendeten Datensätze
■ WETTREG2006; A1B, A2, B1 (Meteo-Research/CEC Potsdam GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2006).
■ WETTREG2010; A1B (CEC Potsdam GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2010); mitfinanziert durch Rheinland-Pfalz.
■ WETTREG2010; A2, B1 (CEC Potsdam GmbH im Auftrag des Climate Service Centers, 2011); mitfinanziert durch Rheinland-Pfalz.
■ STAR II; A1B (Die STAR II-Daten wurden berechnet von der Gruppe Klimaanalyse/-szenarien des Forschungsbereichs II, angesiedelt am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung). Die Finanzierung erfolgte durch das BMBF im Rahmen des Projektes GLOWA Elbe.
■ CLM; A1B, B1 (2 Läufe) (Die CLM Läufe wurden durchgeführt von der Gruppe Modelle & Daten, angesiedelt am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg (MPI) in enger Zusammenarbeit mit den CLM-Entwicklern: Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU), GKSS Forschungszentrum in Geesthacht und Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)). Die Finanzierung erfolgte durch das BMBF im Rahmen des Förderschwerpunktes klimazwei.
■ REMO_10-UBA; A1B, A2, B1 (MPI im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2006).
■ CCLM4.8; A1B (1 Lauf) (Umweltmeteorologie, Universität Trier).

Das Regionalmodell STAR II verknüpft langjährige Beobachtungsdaten von Niederschlags- und Klimastationen mittels statistischer Verfahren mit den Temperaturänderungssignalen der globalen Klimamodelle. Es wurde entwickelt, um regionale Klimaprojektionen der nahen Zukunft (50-60 Jahre) zu erzeugen. Der in KlimLandRP genutzte STAR II-Datensatz umfasste eine normale, eine trockene und eine feuchte Realisation.

Die Modelle REMO und CLM sind dynamische Zirkulationsmodelle und arbeiten mit einer höheren Gitterauflösung. Alle berechneten Klimawerte stellen ein räumliches Mittel der Gitterboxen dar.



Umgang mit Klimaprojektionen

Mathematisch betrachtet sind Klimamodellrechnungen ein Randwertproblem und damit zeitstabiler als die Wettervorhersage (Anfangswertproblem), die bei leicht verschiedenen Anfangsbedingungen bereits bei einem kurzen Prognosezeitraum zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann, da das Wetter von „chaotischen“ Prozessen (Chaos-Theorie) dominiert wird. Andererseits bedeutet dies aber auch, dass Klimamodelle keine Aussagen für einen bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft zulassen. Klimaprojektionen geben in erster Linie darüber Auskunft, wie sich – in Abhängigkeit der Emissionsszenarien – die mittleren Häufigkeiten von Witterungszuständen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten verhalten. Als Mittelungszeitraum für klimatologische Aussagen werden üblicherweise 30 Jahre verwendet, um der natürlichen Variabilität der meteorologischen Parameter Rechnung zu tragen.

In KlimLandRP wird für das aktuelle Klima die Periode 1971-2000 (Referenzperiode) angesetzt. In die Zukunft gerichtete Betrachtungen beziehen sich in der Regel auf die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft).

Die Läufe der Modelle für die Referenzperiode werden als Kontrollläufe bezeichnet. Sie dienen zur Modellgüteüberprüfung durch Vergleich mit den Klimaaufzeichnungen. Die Klimamodelle benutzen bei diesen Kontrollläufen zur Beschreibung der Vergangenheit nur die beobachteten Treibhausgaskonzentrationen. Klimamessdaten gehen nicht ein. Die

Modelle verfahren hier analog zu den Szenarielläufen, die ebenso auf den Treibhausgaskonzentrationen für die Zukunft, wie sie für die einzelnen Szenarien vorgegeben werden, beruhen. In KlimLandRP werden deshalb bei der Modellierung der Klimafolgen in den Modulen zur Beschreibung des Ist-Zustandes sowohl Läufe auf Basis von Messwerten als auch mit den Kontrolllaufdaten durchgeführt. Die Auswertung des szenarienabhängigen Änderungssignals erfolgt dann in Bezug auf den Kontrolllauf des verwendeten Klimamodells.

Die Ergebnisse der Klimamodelle und auch der Regionalisierung sind außerdem nicht „punktgenau“. Dies bedeutet, dass sie keine sehr kleinskaligen/kleinräumigen Aussagen zulassen. Die Auswertungen erfolgen wegen der Repräsentativität der Ergebnisse vornehmlich gebietsweise. Für Rheinland-Pfalz wurden deshalb größere klimatologisch „zusammengehörende“ und zum Teil sektorspezifische Räume (z. B. forstliche Landschaften und Gebiete gleicher Niederschlagscharakteristik) identifiziert. Für diese Räume wurden Gebietsmittel (Flächen- oder Stationsmittel) gebildet bzw. bei der Klimafolgenmodellierung die Zeitreihen einer repräsentativen Station (ein Repräsentant pro Raum) verwendet.

Abbildung 2:

Beobachtete Jahresmitteltemperaturen in Rheinland-Pfalz ab 1881 im Vergleich mit der zur Beschreibung des gegenwärtigen Klimas verwendeten Referenzperiode (1971-2000). Datenquelle: DWD.

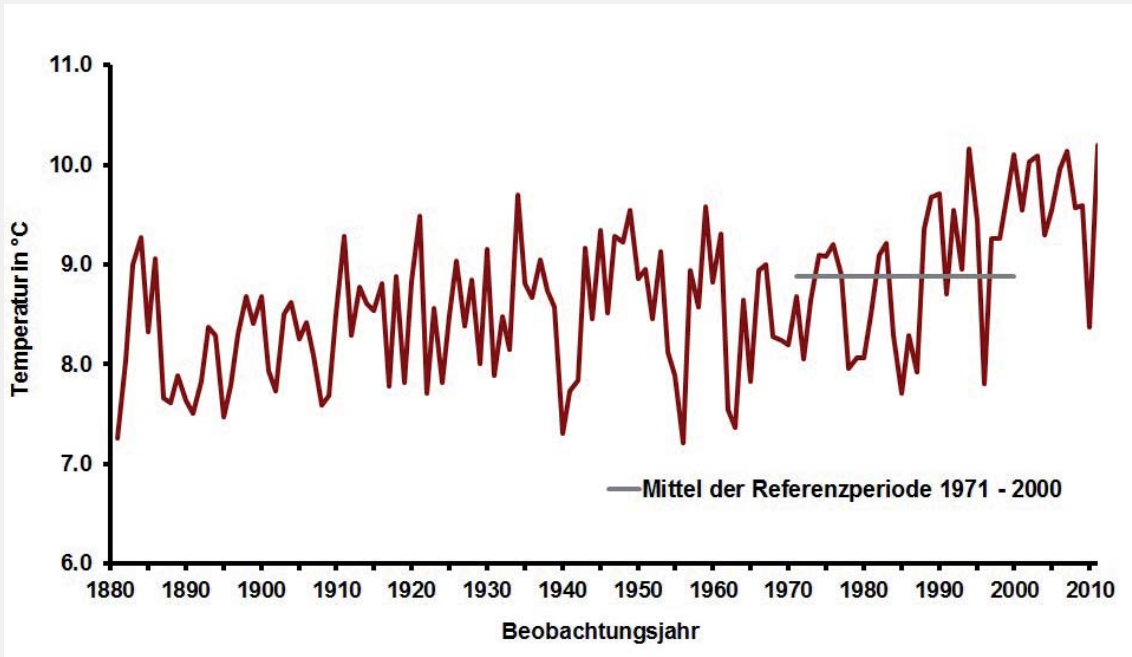
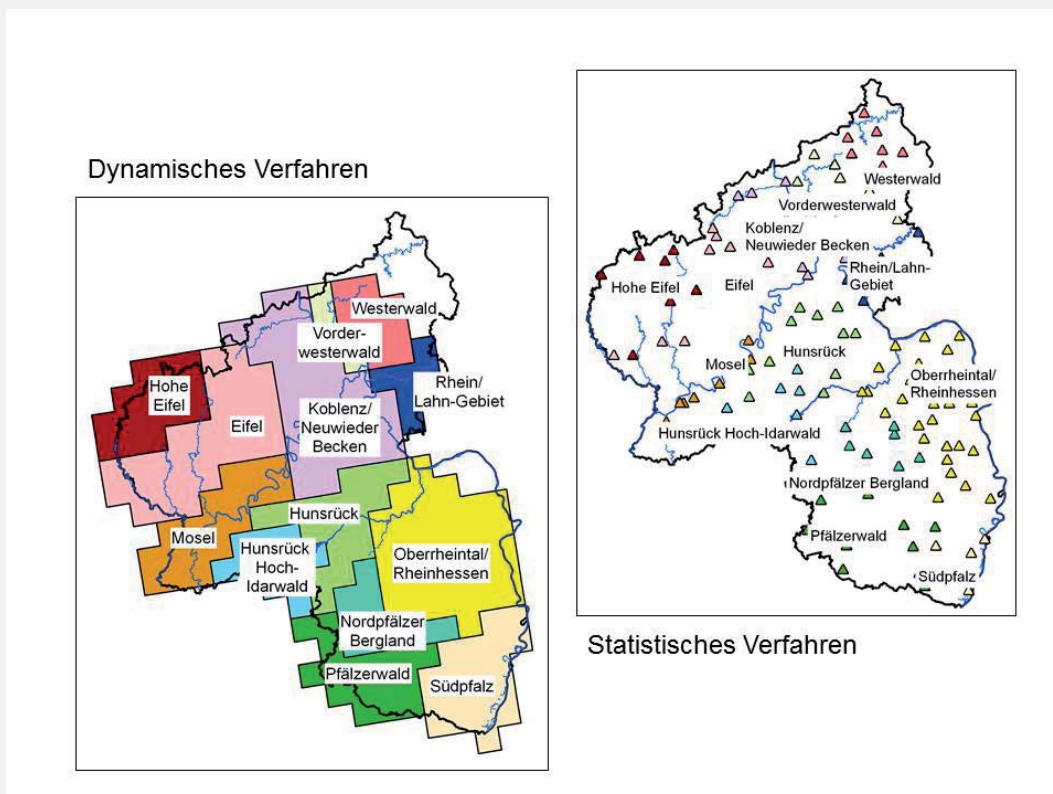


Abbildung 3:

Identifizierte Gebiete gleicher Niederschlagscharakteristik in den unterschiedlichen Regionalisierungsverfahren.



Einsatz der regionalen Klimaprojektionen in KlimLandRP

Statistische und dynamische Regionalisierungsverfahren haben unterschiedliche Schwächen und verschiedene, sich auch gegenseitig ergänzende Stärken. Dynamische Regionalisierungen simulieren das Klima auf der Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten und sind damit prinzipiell in der Lage, auch ein sich veränderndes Klima physikalisch sinnvoll zu simulieren. Auf Beobachtungen basierende statistische Verfahren können regionale Effekte, insbesondere beim Niederschlag, häufig besser reproduzieren. Außerdem sind statistische Verfahren für die Simulation der Ist-Zeit weitgehend frei von systematischen Abweichungen (BIAS) des beobachteten Klimas, wie sie bei den dynamischen Modellen teilweise auftreten.

In KlimLandRP wurden daher, soweit möglich, die Ergebnisse aller verfügbaren Regionalmodelle be-

rücksichtigt. Dabei kommen sowohl die statistischen Verfahren WETTREG2006, WETTREG2010 und STAR II als auch die dynamischen Modelle CLM und REMO_10x zur Anwendung.

Soweit die Klimafolgenmodellierung auf Basis von Zeitreihen erfolgte, wurden in KlimLandRP überwiegend die direkt, d.h. ohne BIAS-Korrektur, einsetzbaren Datensätze der statistischen Downscaling-Verfahren WETTREG2006 genutzt. Die WETTREG2010-Datensätze standen erst zum Ende der Projektlaufzeit zur Verfügung und konnten deshalb nur eingeschränkt in die Folgenmodellierung einfließen.

Tabelle 2:
Übersicht der von den Modulen verwendeten Klimaprojektionen.

Modul	Modelle	Szenario/Realisation	Datenart
Klima	WETTREG2006 WETTREG2010 STAR II CLM (18 x 18 km) REMO_10x (10 x 10 km)	A1B, A2, B1, 10 Realisationen A1B, A2, B1, 10 Realisationen A1B, nor A1B, 2 Realisationen A1B, A2, B1	langjähriges Mittel Zeitreihe
Wasser	WETTREG2006 CCLM (4,5 x 4,5 km)	A1B, A2 nor, tro A1B	langjähriges Mittel Zeitreihe
Boden	WETTREG2006 WETTREG2010	A1B, 10 Realisationen A1B, 10 Realisationen	Zeitreihe
Landwirtschaft	WETTREG2006 STAR II	A1B; A2 nor, tro A1B nor, tro	Zeitreihe
Wald	WETTREG2006	A1B nor, A1B tro, A2 nor B1 feu	langjähriges Mittel Zeitreihe
Biodiversität	STAR II	A1B kalt-nass A1B warm-trocken	langjähriges Mittel

Einordnung der Untersuchungsergebnisse im Klimamodellensemble

Um die Wirkungen und Folgen des Klimawandels in Rheinland-Pfalz abzuschätzen, ist es erforderlich, eine Vorstellung von der gesamten Bandbreite zu gewinnen, in der sich die klimawandelbedingten (Landschafts-)Veränderungen zukünftig in Rheinland-Pfalz bewegen könnten.

Der Einfluss der einzelnen Klimafaktoren ist je nach modellierter Wirkgröße unterschiedlich stark. Zur Einordnung der modellierten Klimawandelfolgen wird deshalb stellvertretend das Ensemble der einflussreichsten Klimaparameter betrachtet und dabei die Lage der verwendeten Klimaprojektionen aufgezeigt.

Beispielsweise ist ein sensibler „Leitparameter“ für eine mögliche Entwicklung des potenziellen Waldwachstums die Veränderung des Niederschlags in der forstlichen Vegetationszeit (Mai bis September). Ein weiterer Indikator, insbesondere für die Biosphäre, ist der Trend hin zu warmen, nassen Wintern und zu trockenen, heißen Sommern. Ein geeignetes Mittel der Veranschaulichung hierfür sind Thermopluviogramme der jeweiligen Jahreszeiten.

Klimaensemble für Rheinland-Pfalz

Die Zahl der verfügbaren Regionalisierungen ist seit dem Projektstart von KlimLandRP weiter gewachsen; so liegen inzwischen auch einzelne Regionalisierungen weiterer Globalmodelle vor. Dieses vergrößerte Modellensemble (Abbildung 4) gibt ein verbessertes Bild der Modellstreuung. Jedes Quadrat (Zeitscheibe 2021-2050) und jede Raute (Zeitscheibe 2071-2100) steht für ein Modell bzw. für eine Modellkette (Globalmodell/Regionalmodell). Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen die Szenarien. Das für die Untersuchungen vorwiegend verwendete WETTREG2006 Verfahren (vgl. Tabelle 2) wird hierin eingeordnet, um die Projektergebnisse im Klimawandelkorridor werten zu können (schwarz umrandete Symbole).

Das Klimamodellensemble für Rheinland-Pfalz zeigt bis Mitte des Jahrhunderts (2021-2050) beim Flächenmittel der Temperatur noch eine geringe Signalspreizung. Die Unterschiede zwischen den Regionalisierungsverfahren und Modellketten bewegen sich in der gleichen Größenordnung wie die Szenarienabhängigkeit. Am Ende des Jahrhunderts (2071-2100) differenziert sich das Bild zwischen dem

emissionsarmen Szenario B1 und den emissionsstärkeren Szenarien deutlich. Das Regionalisierungsverfahren WETTREG2006 liegt im Vergleich mit den anderen Modellen bei den Änderungssignalen der Jahresmitteltemperatur und der Sommertemperatur im unteren Bereich, bei der Wintertemperatur im oberen Mittelfeld.

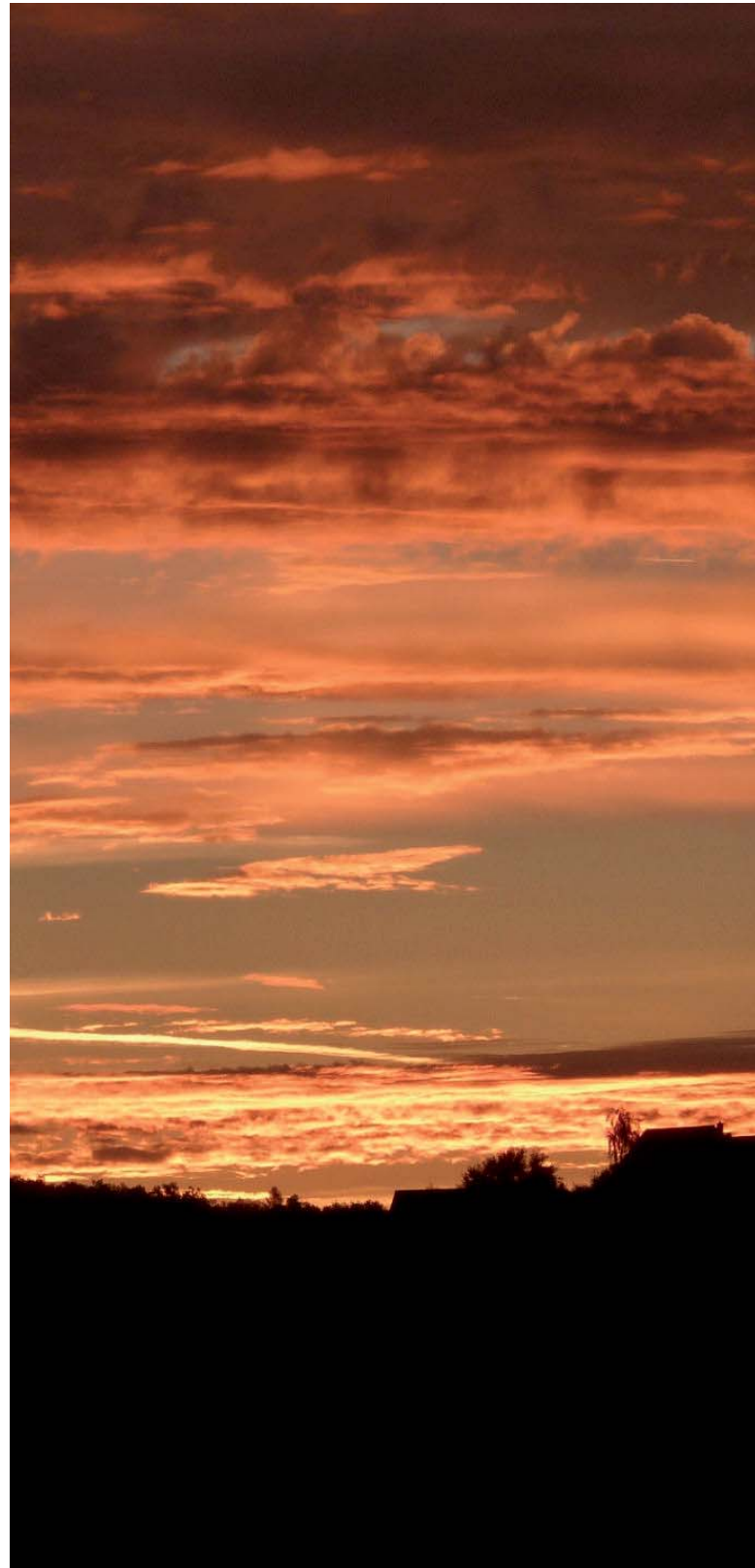
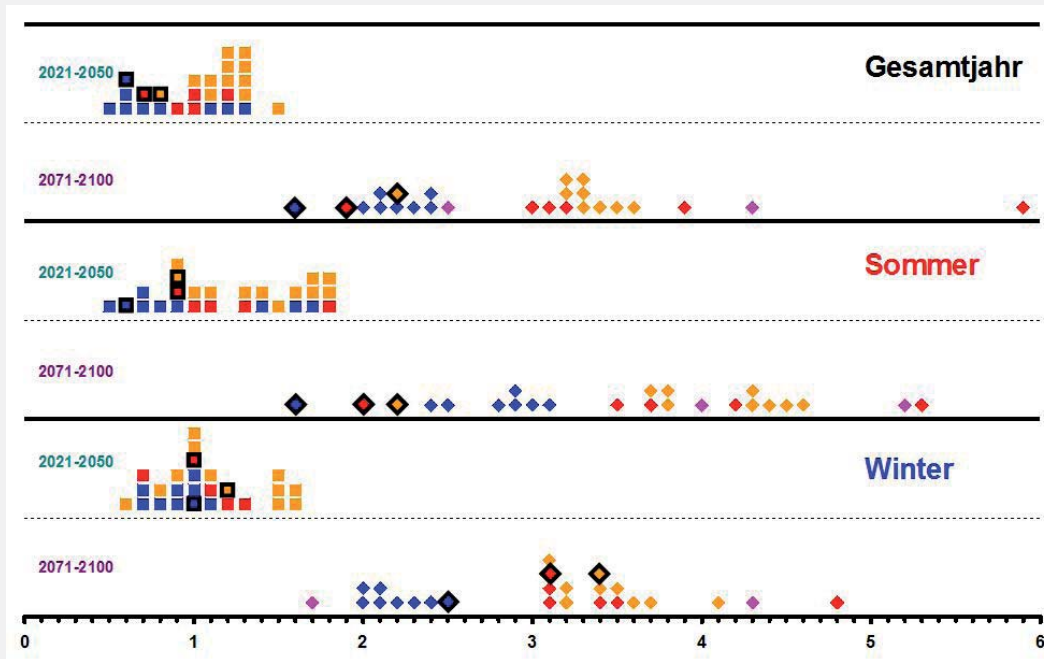


Abbildung 4:

Temperaturänderungssignale in °C von regionalen Klimaprojektionen für Rheinland-Pfalz für die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft; Quadrate) und 2071-2100 (ferne Zukunft; Rauten), blau B1, rot A2, orange A1B, magenta B2; bezogen auf die Referenzperiode 1961-1990; WETTREG2006 gekennzeichnet.



Thermopluviogramme für Rheinland-Pfalz

Ein Thermopluviogramm ist eine kombinierte Darstellung der Temperatur und des Niederschlags. Die folgenden Thermopluviogramme (Abbildung 5) der Abweichungen des mittleren Niederschlags und der mittleren Temperatur von der Referenzperiode (1971-2000) zeigen für die nahe (Quadrate) und ferne Zukunft (Rauten) die mittlere Entwicklung der Sommer bzw. Winter in Rheinland-Pfalz, wie sie von den in KlimLandRP verwendeten Regionalisierungen simuliert werden. Das Regionalisierungsverfahren WETTREG2006 ist wiederum schwarz umrandet.

Außer der Einigkeit der Modelle hinsichtlich des klaren Erwärmungstrends und der oben bereits genannten Differenzierung hinsichtlich der Emissionsszenarien in der fernen Zukunft, fällt die Eindeutigkeit der Aussage zum Ende des Jahrhunderts hin zu trockenen Sommern und niederschlagsreichen Wintern auf.

Werden Zeitreihen für Folgenmodellierungen ge-

nutzt (wie zum Beispiel im Modul Wald), so ist das mittlere Änderungssignal nicht ausreichend für eine Einordnung. Von Bedeutung ist der Absolutwert, wie auch die simulierte Schwankungsbreite (Abweichung vom Mittelwert). In Abbildung 6 sind für die nahe (blaugrüne Punkte) und ferne (violette Punkte) Zukunft die mit WETTREG2006 Realisation A1B-normal simulierten Jahreswerte der forstlichen Vegetationszeit mit den Einzeljahren der Messungen von 1951 bis 2012 (graue Punkte) verglichen.

In der nahen Zukunft verbleiben die simulierten Jahre in einem Wertebereich, in dem bereits jetzt schon Jahre immer wieder beobachtet wurden. Zum Ende des Jahrhunderts wird dieser Bereich verlassen. Das Temperaturmittel der forstlichen Vegetationszeit ist deutlich höher, wobei die Niederschlagssummen auf dem unteren Niveau der derzeitigen Beobachtungen verbleiben.

Abbildung 5:

Thermopluviogramme der Abweichungen von der Referenzperiode (1971-2000) für Rheinland-Pfalz für die Zeiträume 2021-2050 (Quadrate) und 2071-2100 (Rauten), blau B1, rot A2, orange A1B; WETTREG2006 gekennzeichnet; oben Sommer, unten Winter.

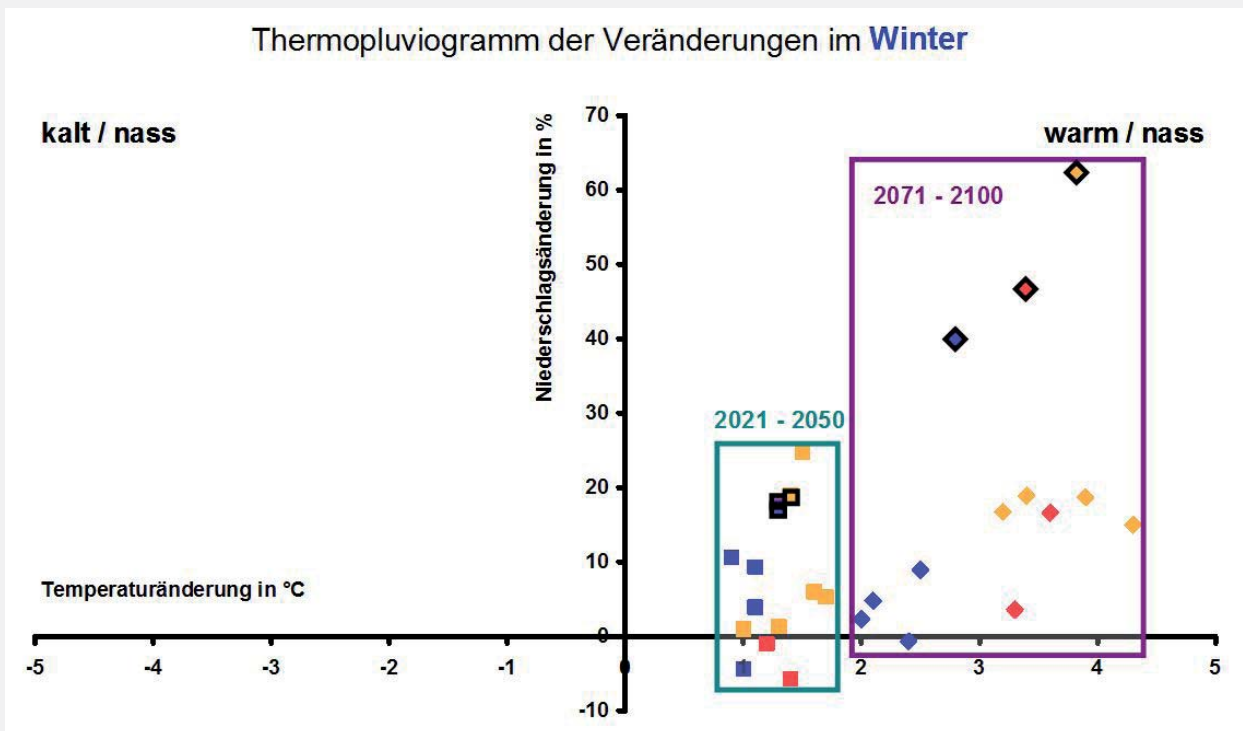
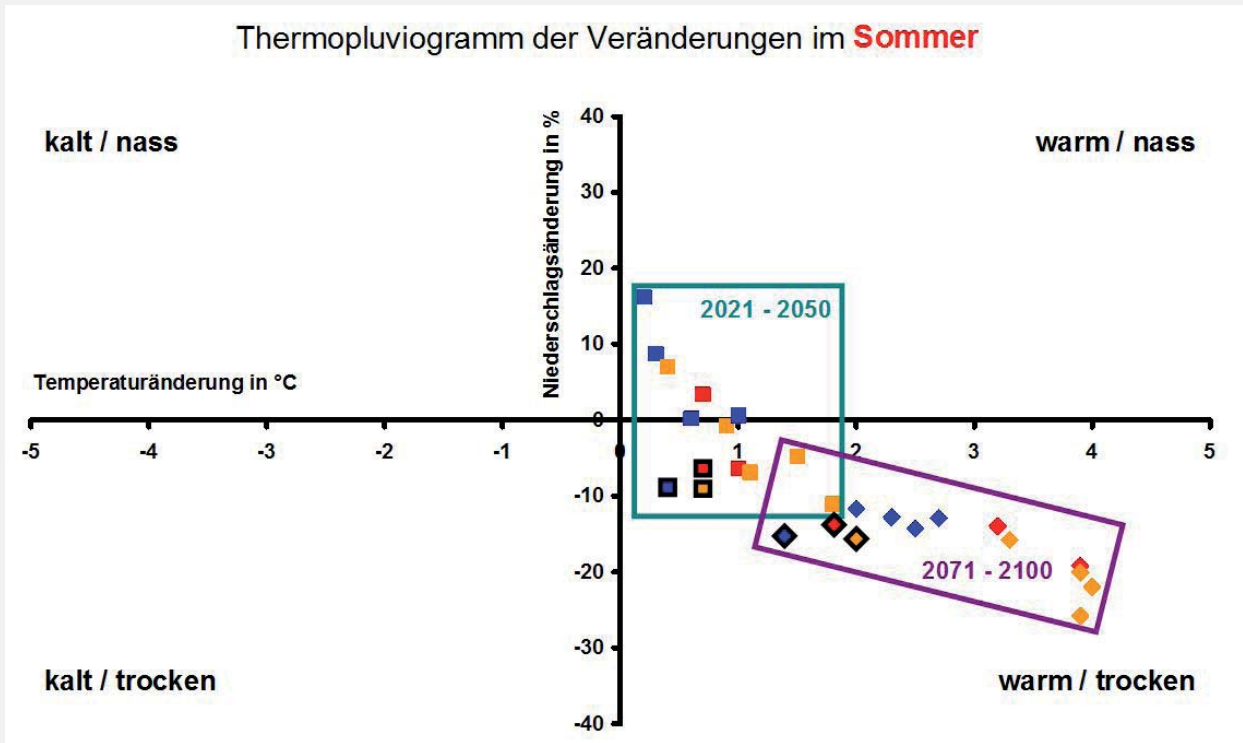
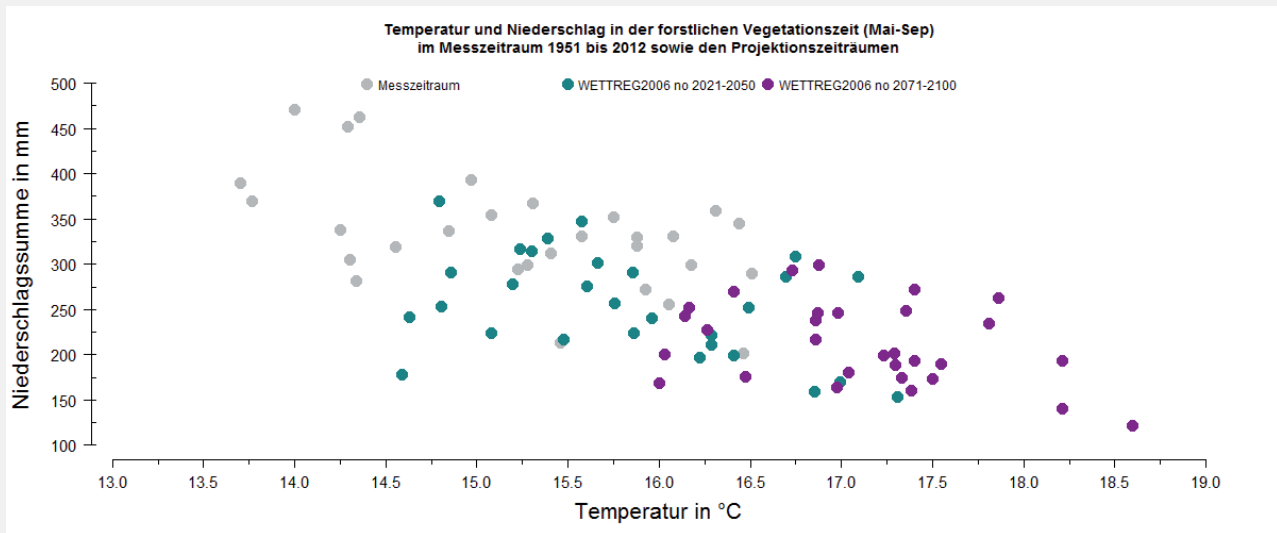


Abbildung 6:

Thermopluviogramm für die forstliche Vegetationszeit in Rheinland-Pfalz im Messzeitraum 1951-2012 (grau), sowie für die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft; blaugrün) und 2071-2100 (ferne Zukunft; violett), WETTREG2006 A1B-normal.



Ergänzende Wege zur Klimafolgenabschätzung

Das KlimLandRP-Projekt konnte aufgrund der spezifischen Modulstruktur umfangreiche, landesweit hochaufgelöste Geoinformationen einsetzen. Die regionale Klimafolgenabschätzung steht jedoch in dem Dilemma, „schärfere“ Rauminformationen mit „unschärferen“ Klimainformationen verschneiden zu müssen.

Um den hohen Detaillierungsgrad und die Flächenschärfe trotzdem nutzen zu können und möglichst differenzierte Aussagen für das gesamte Land Rheinland-Pfalz zu erhalten, wurde für einige Sektoren im Projekt zusätzlich landesweit hochauflösend die

Empfindlichkeit gegenüber Auswirkungen des Klimawandels unabhängig von der lokal modellierten Klimaentwicklung untersucht.

Diese Karten der räumlichen und sektoralen Gefährdung, zusammen mit dem initiierten Stakeholderprozess, sind ein weiterer Ansatz von KlimLandRP für den Umgang mit den bestehenden Unsicherheiten in der Klimawandelfolgenbetrachtung.

Projekt:	Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP)
Bearbeitung:	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz; Referat Klimawandel und Umweltmeteorologie Rheinallee 97 - 101 55118 Mainz www.luwg.rlp.de
Berichtszeitraum:	April 2008 - September 2011
Homepage:	www.kwis-rlp.de www.klimawandel-rlp.de www.klimlandrp.de
Gesamtkoordination des Projekts:	Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen
Zitierhinweise:	Kraus, C. , Zimmer, M. und R. Manger (2013): Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz (KlimLandRP) – Klimamodelle und Klimaprojektionen. Themenblatt. Hrsg.: Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen.
Quellen/Literaturangaben	Ein Literaturverzeichnis kann bei Bedarf über die Verantwortlichen bezogen werden

Projektpartner KlimLandRP:



POTS DAM - I N S T I T U T F Ü R
K L I M A F O L G E N F O R S C H U N G



Das Landesprojekt KlimLandRP - Klima- und Landschaftswandel in Rheinland-Pfalz wurde gefördert mit Mitteln der Ministerien für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung sowie für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten

