

Kurzbericht

Regionale Klimaszenarien und Wasserhaushaltsmodellierung

- Ergebnisse der regionenspezifischen Auswertungen von Klimaprojektionen im Vorhaben KLIWA -

Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens KLIWA wurden bisher die für Süddeutschland verfügbaren regionalen Klimaszenarien regionenspezifisch ausgewertet. In diesem Kurzbericht werden die Ergebnisse dieser Auswertungen zusammengefasst und die Eignung der jeweiligen Klimaprojektionen für Fragestellungen in KLIWA bewertet.

Der Kurzbericht umfasst im Einzelnen eine kurze Darstellung der betrachteten regionalen Klimaszenarien mit verschiedenen Hinweisen zu weiterführender Literatur, die seitens des Vorhabens KLIWA und des Umweltbundesamtes bereitgestellt werden. Die Ergebnisse der regionenspezifischen Auswertungen werden als Klimaänderungssignale vergleichend für die Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100 für das gesamte KLIWA-Gebiet dargestellt und diskutiert.

Es schließt sich eine Bewertung der Eignung der einzelnen regionalen Klimaszenarien für Fragestellungen im Rahmen von KLIWA an, insbesondere der Klimafolgenmodellierung unter Nutzung von Wasserhaushaltsmodellen. Zuletzt werden die sich für KLIWA daraus ergebenden Konsequenzen für die Wasserhaushaltsmodellierung dargestellt.

Kernaussagen:

- Aufgrund der regionenspezifischen Auswertungen der vorliegenden Klimaprojektionen für die KLIWA-Regionen hat sich KLIWA entschieden, dass für die Wasserhaushaltsmodellierung zunächst lediglich die beiden auf statistischen Grundlagen beruhenden Klimaprojektionen WETTREG-2003/B2 (nur BW und BY) und WETTREG-2006/A1B innerhalb von KLIWA für die Betrachtung bis 2050 herangezogen werden sollen.
- Die dynamischen regionalen Klimamodelle werden aus Sicht von KLIWA allerdings als zukunftssträchtiger erachtet, auch im Hinblick für die Betrachtung bis 2100. Daher sollte die wissenschaftliche Weiterentwicklung dieser Klimamodelle weiter vorangetrieben werden.

Die KLIWA-Partner halten es weiterhin für zweckmäßig, dass für länderbezogene Untersuchungen auch andere Globalmodelle bzw. regionale Klimamodelle herangezogen werden; entsprechende spezifische Ergebnisse werden im Rahmen der KLIWA-Kooperation diskutiert.

1. Allgemeines

Im Rahmen des Vorhabens KLIWA wurden von 2001 bis 2004 auf der Basis des Globalmodells ECHAM4 für das Emissionsszenario B2 regionale Klimaprojektionen mit drei unterschiedlichen Regionalisierungsverfahren als Ensemble-Ansatz entwickelt und anschließend mit Hilfe einer regionenspezifischen Auswertung für die Landesfläche von BW und BY vergleichend bewertet. Die betrachteten Simulationszeiträume der Klimaprojektionen umfassten die Perioden 1971-2000 und 2021-2050. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in KLIWA Heft 9 dargestellt. Auf Grundlage dieser Arbeiten wurden die Szenarioergebnisse des regionalen Klimamodells WETTREG-2003 für die weiteren Untersuchungen zum Einfluss des Klimawandels auf den Wasserhaushalt in KLIWA verwendet.

Seit 2006 stehen weitere, vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebene regionale Klimaprojektionen für Deutschland zur Verfügung. Diese Klimaprojektionen auf Grundlage des globalen Klimamodells ECHAM5 für die drei Emissionsszenarien A1B, A2 und B1 basieren auf den weiterentwickelten regionalen Klimamodellen REMO-2006 (dynamisches Modell) und WETTREG-2006 (statistisches Modell). Sie umfassen den Zeitraum 1951-2100 und liefern damit über 2050 hinausgehende weitere Datensätze für das Untersuchungsgebiet von KLIWA:

Die **REMO-2006-Projektionen** des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI) basieren auf einem 10 x 10 km Raster und sind nach Datenfreigabe 2007/2008 für das Gebiet der KLIWA-Partner verfügbar. Die Simulationsergebnisse liegen damit als ca. 1200 Rasterwerte vor. Eine Beschreibung und Ergebnisdarstellung zum regionalen Klimamodell REMO-2006 ist ebenfalls auf den [Internetseiten](#) des UBA zu finden.

Die **WETTREG-2006-Projektionen** wurden vom Fachbüro CEC-Potsdam erstellt und den KLIWA-Partnern Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz durch das UBA ab Ende 2006 zur Verfügung gestellt. Für Süddeutschland stehen dabei Projektionsergebnisse für ca. 120 Stationen zur Verfügung.

Ein umfassender Bericht zum Regionalisierungsverfahren WETTREG-2006 mit naturraumbezogenen Auswertungen ist auf den [Internetseiten](#) des UBA zu finden.

Seit kurzem sind zusätzlich die regionalen Klimaprojektionen für den Zeitraum 1961-2100 auf Basis des dynamischen regionalen Klimamodells **CLM (in der Version 2.4.11)** verfügbar, das auch das globale Klimamodell ECHAM5 als Antrieb nutzt. Eine offizielle unbeschränkte Freigabe der Szenariendatensätze erfolgte im Dezember 2008. Es stehen jeweils 2 Realisationen für die Emissionsszenarien A1B und B1 zur Verfügung. Die Simulationen erfassen das Gebiet Europas, ihre räumliche Auflösung liegt bei rund 18 km. Informationen dazu sind auf den [Internetseiten](#) der Service Gruppe Anpassungen (SGA) zu finden.

2. Methodik der regionenspezifischen Auswertung

Um eine einfache Vergleichbarkeit der Simulationsergebnisse der verschiedenen regionalen Klimamodelle mit unterschiedlicher räumlicher Struktur und Auflösung zu erreichen, ist eine regionenspezifische Auswertung der einzelnen Klimaprojektionen mittels eines einfachen und robusten Mittelungsverfahrens gewählt worden. Für die Auswertung wird jeweils das arithmetische Mittel der betrachteten Kennwerte Lufttemperatur und des Niederschlags aller Stationen bzw. Gitterpunkte innerhalb einer KLIWA-Region berechnet. Dabei sind die Zeiträume 1971-2000 (Kontroll-Läufe der Klimamodelle), 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft – soweit berechnet) gewählt. Neben den Jahresmittelwerten werden auch die Mittelwerte für die hydrologischen Halbjahre ermittelt. Als Vergleichdatensatz zur Beurteilung der Kontroll-Läufe dienen Beobachtungsdaten der Messstationen des DWD. Nähere Informationen zur Methodik sind im KLIWA-Heft 9 zu finden.

Das KLIWA-Untersuchungsgebiet ist in 11 Regionen eingeteilt, die sich an hydrologischen Einzugsgebieten orientieren. Die Fläche von BW und BY umfasst 9 KLIWA-Regionen, durch die Ausdehnung der KLIWA-Untersuchungen auf RP Anfang 2007 kamen 2 weitere Regionen hinzu. Eine Übersicht der KLIWA-Regionen gibt Abbildung 1.

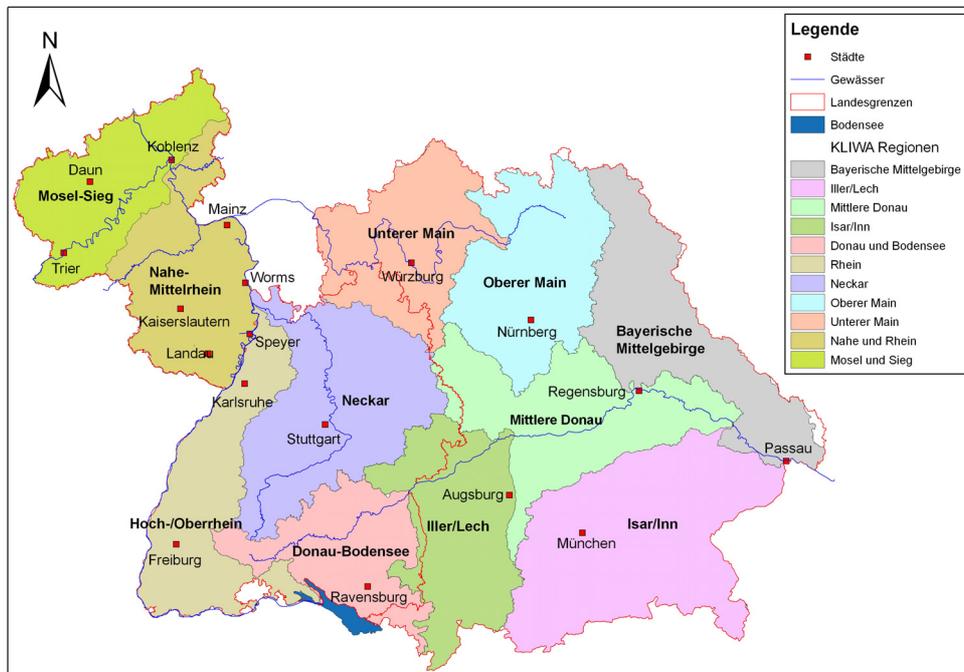


Abbildung 1: Übersicht über die KLIWA-Regionen

3. Vergleichende Betrachtung der regionenspezifischen Auswertungen

Die nachstehend dargestellten Vergleichsergebnisse beziehen sich auf die für die Wasserwirtschaft wesentlichen Kenngrößen Lufttemperatur und Niederschlag. Dabei werden zuerst die Simulationsergebnisse der regionalen Klimamodelle für den Zeitraum 1971-2000 (simulierter IST-Zustand) den Beobachtungsdaten des DWD (Referenzdatensatz) gegenübergestellt, um die Plausibilisierung der Messungen durch die Modelle zu erfassen. Anschließend sollen die Vergleiche zwischen den künftig möglichen Klimaszenarien und den simulierten IST-Zuständen modellbezogen die Klimaänderungssignale aufzeigen. Die nachstehenden Ergebnisse stellen Mittelwerte über alle KLIWA-Regionen dar; regionenspezifisch weisen die Änderungssignale unterschiedliche Ausprägungen auf, die hier nicht dargestellt sind.

3.1 Gegenüberstellung von simuliertem IST-Zustand und Referenzdatensatz (Zeitraum 1971-2000)

Die Verfahren WETTREG-2003 und WETTREG-2006 zeigen beim Parameter **Temperatur** für die Mehrzahl der Gebiete eine gute Übereinstimmung mit dem Referenzdatensatz (Beobachtungsdaten der Messstationen des DWD). Weniger gut simuliert CLM die mittlere Temperatur mit maximalen Abweichungen bei beiden Kontrollläufen von bis zu 1°C. Die Temperaturen des REMO-2006 Kontrolllaufs sind in der Mehrzahl der Regionen um 1-2°C höher als die Beobachtung (Ausnahme: Regionen Nahe und Mittelrhein mit bis zu ca. 0,5°C höheren sowie Mosel und Sieg mit bis zu ca. 1°C tieferen Temperaturen). Diese Unterschiede sind nur teilweise durch den hier durchgeführten Vergleich von Stationsdaten (Messung, WETTREG-2003, WETTREG-2006) zu Rasterdaten (REMO-2006, CLM) erklärbar. Ursache dürfte vielmehr sein, dass der Randantrieb der dynamischen regionalen Klimamodelle durch das Globalmodell ECHAM5 größere Unsicherheiten bei den Simulationen verursacht.

Für den Parameter **Niederschlag** ergeben sich deutlich größere und uneinheitlichere Abweichungen zum Referenzdatensatz. CLM weist die größten Abweichungen gegenüber den Messwerten von bis zu +30% im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) auf. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass Schwächen bei REMO-2006 und CLM bezüglich der Wiedergabe der regionalen Verteilung des Niederschlags im orographisch stark gegliederten KLIWA Untersuchungsgebiet existieren. Im Allgemeinen werden mit den statistischen Verfahren

(WETTREG-2003, WETTREG-2006) die Referenzdaten besser wieder gegeben, was sicherlich auch methodisch in der Verwendung von gemessenen Stationsdaten als Eingangsdaten für diese Klimaprojektionen bedingt ist. Somit haben die statistischen Methoden gegenüber dynamischen Regionalisierungsverfahren wie REMO und CLM hier einen Vorteil: sie sind plausibler bei der Wiedergabe des gemessenen Klimas.

3.2 Vergleich der Simulationsergebnisse des Zeitraums 2021-2050 zum simulierten IST-Zustand

Die über die Regionen gemittelten Temperatur- und Niederschlagsveränderungen des Zeithorizonts 2021-2050 für Süddeutschland gegenüber dem simulierten IST-Zustand sind in der Tabelle 2 dargestellt. Die Klimaprojektionen WETTREG-2006 und REMO-2006 auf Basis von ECHAM5 zeigen mit Änderungen von 0,5-1,0 C im Jahresmittel ein deutlich geringeres **Temperaturänderungssignal** als WETTREG-2003 auf Basis ECHAM4 mit Änderungen von 1,6 bis 1,7°C im Jahresmittel. CLM liefert Temperaturveränderungen, die sich einerseits für manche Realisationen bei den anderen Projektionen auf Basis von ECHAM5 einordnen, andererseits aber auch Realisationen mit deutlich höheren Änderungen von bis zu 1,5°C.

Unterschiede der Temperaturänderungen zwischen den einzelnen Emissionsszenarien sind bei WETTREG-2006 kaum vorhanden, bei REMO-2006 zeigt das Szenario A1B das größte, B1 das geringste Änderungssignal (bei der Niederschlagsänderung ist es gerade umgekehrt). Bei CLM zeigt sich für eine Projektion von B1 ein geringeres Signal als für A1B, die zweite verfügbare Projektion von B1 zeigt hingegen ähnliche Veränderungen wie A1B. Die regionenspezifische Auswertung der Temperaturveränderung zeigt bei allen Projektionen eine geringe räumliche Variabilität zwischen den Regionen.

Die betrachteten Klimaprojektionen zeigen für den Parameter **Niederschlag** bis 2050 ein uneinheitliches Verhalten. Während sich bei WETTREG-2006 und WETTREG-2003 Abnahmen der Niederschläge im hydrologischen Sommerhalbjahr Mai bis Oktober (bis zu 8% für 2021-2050) ergeben, treten 2021-2050 bei REMO-2006 Zunahmen auf (im Gebietsmittel 1,9 bis 7,0%). Bei CLM treten je nach Projektion Abnahmen oder Zunahmen auf (im Gebietsmittel -4,4 bis 5,6%). Starke Zunahmen des Winterniederschlags wie sie durch WETTREG-2003 bis 2050 (im Mittel +20,7%) ermittelt werden, finden sich bei den anderen Regionalisierungsverfahren nicht; die Ursache liegt bei WETTREG-2003 im Antrieb durch ECHAM4.

Tabelle 2: Temperatur- und Niederschlagsveränderung (2021-2050 vs. 1971-2000)
(Gebietsmittel verschiedener Projektionen über die KLIWA-Regionen)

Klimamodell	Δ Temperatur [°C]				Δ Niederschlag [%]			
	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	B1	B2
WETTREG-2003¹⁾								
Jahr				1,7				6,1
hydr. SHJ				1,4				-4,7
hydr. WHJ				2,1				20,7
WETTREG-2006								
Jahr	0,8	0,8	0,7		-2,0	-1,3	0,9	
hydr. SHJ	0,7	0,8	0,5		-7,7	-6,3	-3,5	
hydr. WHJ	0,9	1,0	0,9		5,2	4,8	6,3	
REMO-2006								
Jahr	1,0	0,8	0,5		5,9	3,2	9,1	
hydr. SHJ	1,0	0,8	0,4		2,4	3,7	8,0	
hydr. WHJ	1,0	0,9	0,7		11,0	2,8	12,4	
CLM								
Jahr ²	1,0 / 1,3		0,6 / 1,3		2,2 / 5,1		8,4 / -1,1	
hydr. SHJ ²	1,1 / 1,1		0,5 / 1,1		-4,4 / -0,3		5,6 / -1,2	
hydr. WHJ ²	0,9 / 1,5		0,6 / 1,2		8,4 / 10,3		11,3 / 0,2	

¹⁾ Einschränkung:

Raumbezug (WETTREG-2003: BW, BY; alle anderen reg. Klimaprojektionen: BW, BY, RLP)

²⁾ Es stehen 2 Projektionen pro Emissionsszenario zur Verfügung

3.3 Vergleich der Simulationsergebnisse des Zeitraums 2071-2100 zum simulierten IST-Zustand

Die über die Regionen gemittelten Temperatur- und Niederschlagsveränderungen des Zeithorizonts 2071-2100 für Süddeutschland sind in der Tabelle 3 dargestellt. Für WETTREG-2003 sind keine Daten verfügbar. WETTREG-2006 ermittelt für den Zeitraum 2071-2100 für das **Temperaturänderungssignal** Änderungen im Jahresmittel von 1,8 – 2,3°C und liegt damit nur leicht über den Veränderungen, die WETTREG-2003 für den Zeithorizont 2021-2050 errechnet. Die Temperaturänderung von REMO-2006 fällt mit 2,2 bis 3,4°C im Jahresmittel stärker aus. In einem ähnlichen Bereich wie REMO-2006 bewegen sich auch die Temperaturänderungen, die sich aus CLM ergeben (2,1 bis 3,5°C im jährlichen Gebietsmittel). Allerdings existieren bereits bei den beiden Realisationen von CLM Unterschiede von bis zu 0,5°C (Szenario B1/WHJ). Zwischen den einzelnen Emissionsszenarien ist bei REMO-2006 und CLM gegenüber WETTREG-2006 eine größere Bandbreite gegeben. Die beiden dynamischen Regionalisierungsverfahren zeigen überwiegend für das hydrologische Sommerhalbjahr eine höhere Zunahme der Erwärmung, als für das hydrologische Winterhalbjahr.

Für den Parameter **Niederschlag** zeigen alle Klimaprojektionen bis 2100 in den hydrologischen Halbjahren ähnliche Tendenzen, welche allerdings im Betrag stark voneinander abweichen. Im hydrologischen Sommerhalbjahr treten bei WETTREG-2006 Abnahmen zwischen 14,8 und 18,2% auf, bei REMO-2006 werden Abnahmen zwischen 4,0 und 16,1% modelliert während CLM Abnahmen von 7,0 bis 20,8% zeigt. Im hydrologischen Winterhalbjahr sind bei REMO-2006 bei allen Emissionsszenarien gegenüber WETTREG-2006 höhere Zunahmen des Niederschlags festzustellen. Für CLM ist dies von der betrachteten Realisation abhängig. Eine dieser Realisationen zeigt noch höhere Zunahmen als REMO mit maximal 16,2% im hydrologischen Winterhalbjahr, während die zweite Realisation für diese Zeitspanne Zunahmen unter dem Niveau von WETTREG-2006 und damit die geringsten Zunahmen aller Klimaprojektionen ergibt. Die Bandbreite zwischen den Emissionsszenarien ist bei allen Klimamodellen größer als für den Zeitraum 2021-2050.

Tabelle 3: Temperatur- und Niederschlagsveränderung (2071-2100 vs. 1971-2000)

(Gebietsmittel verschiedener Projektionen über die KLIWA-Regionen; für WETTREG-2003 stehen keine Daten zur Verfügung)

Klimamodell	Δ Temperatur [°C]				Δ Niederschlag [%]			
	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	B1	B2
WETTREG-2003¹⁾								
WETTREG-2006								
Jahr	2,3	2,1	1,8		-1,9	-6,6	-4,3	
hydr. SHJ	1,9	1,8	1,5		-17,0	-18,2	-14,8	
hydr. WHJ	2,7	2,4	2,1		16,7	8,4	9,1	
REMO-2006								
Jahr	3,4	3,2	2,1		-1,0	5,3	3,4	
hydr. SHJ	3,5	3,3	2,1		-16,1	-7,6	-4,0	
hydr. WHJ	3,3	3,1	2,1		17,6	21,8	12,8	
CLM								
Jahr ²	3,3 / 3,5		2,1 / 2,5		0,3 / -2,1		2,3 / -3,1	
hydr. SHJ ²	3,7 / 3,8		2,4 / 2,6		-20,8 / -20,8		-7,0 / -13,3	
hydr. WHJ ²	2,9 / 3,3		1,9 / 2,4		16,2 / 12,2		10,9 / 5,7	

¹⁾ Einschränkung:

Raumbezug (WETTREG-2003: BW, BY; alle anderen reg. Klimaprojektionen: BW, BY, RLP)

²⁾ Es stehen 2 Projektionen pro Emissionsszenario zur Verfügung

4. Bewertung der Klimaszenarien und Folgerungen für KLIWA

Bei der Betrachtung der verfügbaren Klimaprojektionen muss generell zwischen den modellierten Klimaänderungssignalen der meteorologischen Größen und der Eignung der Ergebnisse der Regionalisierungsmethoden für die Wasserhaushaltsmodellierung differenziert werden. Das wichtigste Bewertungskriterium bei KLIWA ist eine zufriedenstellende plausible Reproduktion der hydrometeorologischen (und hydrologischen) Größen bei der Simulation der IST-Zeit, weil die Wirkungsmodellierung absolute Werte benötigt, um die Veränderungen im Wasserhaushalt richtig abschätzen zu können. Hier bestehen deutliche Unterschiede zwischen den statistischen Modellen wie WETTREG-2003 und WETTREG-2006 sowie den dynamischen Modellen wie REMO-2006 und CLM.

4.1 Bewertung der Klimaszenarien

Die verfügbaren regionalen Klimaszenarien als Eingangsgrößen für die Wasserhaushaltsmodellierung bei KLIWA müssen als in unterschiedlicher Weise geeignet beurteilt werden. Die Unterschiede sind dabei teilweise bereits auf die antreibenden Globalmodelle ECHAM4 und ECHAM5 zurückzuführen, beruhen aber auch ganz wesentlich auf den unterschiedlichen Regionalisierungsmethoden.

KLIWA-Szenarien auf der Basis von ECHAM4

- Die Bewertung der Ergebnisse des ursprünglichen Ensemble-Ansatzes mit zwei statistischen und einem dynamisch/numerischen Verfahren hat zur Favorisierung des regionalen Klimamodells WETTREG-2003 geführt.
- Für das regionale Klimamodell WETTREG-2003 liegen im Rahmen von KLIWA Klimaprojektionen bis 2050 für Baden-Württemberg und Bayern vor; diese sind weiterhin gültig. Für Rheinland-Pfalz können Klimaprojektionen basierend auf WETTREG-2003 nicht mehr erzeugt werden.

Regionalszenarien auf der Basis von ECHAM5 für KLIWA

- Die Projektionen auf Grundlage von WETTREG-2006 ergeben im Vergleich zu WETTREG-2003 bis 2050 ein deutlich geringer ausgeprägtes Klimaänderungssignal. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Emissionsszenarien untereinander sind nur gering.
- Das regionale Klimamodell REMO-2006 kann das beobachtete Klima nicht plausibel reproduzieren. Im Vergleich zu den anderen betrachteten Modellen überschätzt REMO für das KLIWA Gebiet die Temperatur um mehr als 1°C. Zudem zeigen sich in verschiedenen Auswertungen Probleme bei der Abbildung der regionalen Verteilung des Niederschlags in dem stark orographisch gegliederten KLIWA Untersuchungsgebiet. Die Fehler sind flächenhaft und unsystematisch.
- Das regionale Klimamodell CLM besitzt in der Reproduktion des beobachteten Klimas in dem KLIWA Untersuchungsgebiet ähnliche Schwächen wie REMO, weil beiden derzeitigen Modellversionen die gleiche Modellphysik zu Grunde liegt. Auffallend ist eine generelle Überschätzung des Niederschlags, die im hydrologischen Winterhalbjahr besonders ausgeprägt ist. Analog zu REMO-2006 sind ebenfalls Schwächen in der Abbildung der regionalen Verteilung des Niederschlags zu erkennen.

Unterschiede in den Regionalisierungsverfahren

- Die Einsetzbarkeit eines statistischen Modellansatzes für die Herleitung von Datensätzen zum Klimawandel über die Mitte des 21. Jahrhunderts hinaus bis 2100 (Extrapolation der Vergangenheit in die ferne Zukunft unter Verwendung statistischer Parameter) wird von KLIWA kritisch gesehen.

- Für den Zeitraum nach dem Planungshorizont von KLIWA (etwa ab 2050) werden die dynamischen regionalen Klimamodelle als mittelfristig erfolgversprechender angesehen, vorausgesetzt, die künftigen Weiterentwicklungen können die bei KLIWA festgestellten Schwachstellen deutlich reduzieren.

Fazit: Während beide statistischen Modellansätze von WETTREG die IST-Zeit sehr gut reproduzieren, zeigen sie unterschiedlich stark ausgeprägte Klimaänderungssignale. Die dynamischen Modelle können in den derzeitigen Modell-Versionen die IST-Zeit nicht zufriedenstellend simulieren; bezogen auf die Niederschlagsentwicklung weisen sie auch uneinheitliche Klimaänderungssignale auf.

4.2 Folgerungen für die Wasserhaushaltsmodellierung

Neben der reinen Betrachtung der Ergebnisse der regionalen Klimamodelle, die jeweils eine mögliche Klimazukunft aufzeigen, steht für KLIWA die Nutzung der Klimaprojektionen in der Wasserhaushaltsmodellierung im Vordergrund, woraus sich spezifische Anforderungen an die Ergebnisse der Projektionen ergeben. Aus den vergleichenden Untersuchungen der vorliegenden Regionalisierungsverfahren lassen sich in KLIWA folgende Schlüsse ziehen:

- Für das regionale Klimamodell WETTREG-2003 liegen im Rahmen von KLIWA bereits Ergebnisse von Wasserhaushaltssimulationen bis 2050 für Baden-Württemberg und Bayern vor, die weiter gültig sind.
- Wasserhaushaltsmodelle können (analog der bisherigen Vorgehensweise mit WETTREG-2003, siehe KLIWA Heft 9) in gleicher Weise mit den WETTREG-2006-Datensätzen betrieben werden. Erste Auswertungen zeigen für die meisten betrachteten Gebiete plausible Ergebnisse. Da die WETTREG-2006 Datensätze nur als Tageswerte vorliegen, ist die Reproduktion von Extremereignissen nur für größere Einzugsgebiete gültig. Die mögliche Simulation des Wasserhaushalts für die zweite Jahrhunderthälfte ist auf Basis statistischer Klimamodelle fachlich mit deutlichen Vorbehalten zu sehen und flächendeckend in KLIWA nicht vorgesehen.
- Der bisherigen Auswertungen von orientierenden Simulationsrechnungen mit REMO-Szenarien in Pilotgebieten bestätigen, dass REMO die IST-Zeit nicht plausibel reproduzieren kann: die Schwächen zeigen sich in der Nachbildung des IST-Zustandes durch signifikante Abweichungen hinsichtlich der absoluten Werte wie auch der räumlichen Verteilungsmuster. Auch ist die Empfehlung der Modellentwickler mit einer minimal zu betrachtenden Rasterzellenanzahl von 3 x 3 Zellen (900 km²) für die weitere Anwendung in der Wasserhaushaltsmodellierung nicht umsetzbar. REMO-2006 wird daher als Input für regionale Wasserhaushaltsbetrachtungen als nur sehr eingeschränkt geeignet angesehen.
- Die erwähnten Schwächen der CLM-Datensätze bezüglich der Größe Niederschlag lassen eine Verwendung in der Wasserhaushaltsmodellierung im KLIWA-Untersuchungsgebiet derzeitig als nicht sinnvoll erscheinen; eine zufriedenstellende Darstellung der relevanten Wasserhaushaltsgrößen aufgrund dieser Schwächen erscheint als wenig wahrscheinlich. Für CLM liegt ebenfalls eine Empfehlung der Modellentwickler mit einer minimal zu betrachtenden Rasterzellenanzahl von 5 x 5 Zellen (8100 km²) vor, die eine Verwendung in der regionalen Wasserhaushaltsmodellierung ungeeignet erscheinen lässt.

5. Ausblick

Die Schwachstellen der Szenariendatensätze der dynamischen Regionalisierungsverfahren wurden bereits mit den Modellbetreibern thematisiert mit dem Ziel, Fortschritte anzustoßen. Verbesserungen im Bereich der hochauflösenden regionalen Klimamodelle sind wünschenswert und werden seitens der Modellentwickler vorangetrieben. Insbesondere die Weiterentwicklung von CLM durch die Uni Karlsruhe zu COSMO-CLM mit neuer, verbesserter Modellphysik, einer Rasterweite von 7km und hoher zeitlicher Auflösung lässt auf belastbare Klimaprojektionen hoffen. Das Klimamodell COSMO-CLM ist nicht hydrostatisch, d.h. es sind auch feinere räumliche

Auflösungen von bis zu 1x1km möglich. Aktuelle Datensätze der Uni Karlsruhe für COSMO-CLM in einer Auflösung von 7x7 km werden von KLIWA in einer erweiterten regionenspezifischen Auswertung betrachtet. In dieser Auswertung soll auch die räumliche Verteilung des Niederschlags stärker als bisher berücksichtigt werden. Generell besteht seitens KLIWA der Wunsch, dass verbesserte Datensätze umgehend für weiterführende Untersuchungen Eingang finden.

Fortschritte sind zwischenzeitlich bereits beim statistischen Modell STAR, das zunächst von KLIWA ausgeklammert wurde, mit der Version STAR II erkennbar; hier wird KLIWA die weitere Entwicklung beobachten. Und nicht zuletzt ist auch die Einbeziehung weiterer Globalmodelle als Antrieb für die vorhandenen regionalen Klimamodelle zur besseren Abschätzung von Bandbreiten bzw. Unsicherheiten fachlich geboten.

Aus den aufgeführten Gründen werden derzeit bei KLIWA bevorzugt Klimaszenarien für Wirkungsmodellierungen zum Wasserhaushalt herangezogen, die insbesondere auf den mit den statistischen WETTREG-Verfahren erzeugten Klimadaten beruhen. Wegen der geringen Unterschiede zwischen den Emissionsszenarien bis 2050 wird derzeit auch nur das Szenario A1B schwerpunktmäßig herangezogen. Es handelt sich dabei um die **Datensätze WETTREG-2003/ECHAM4-B2** und **WETTREG-2006/ECHAM5-A1B**. Die Ableitung von konkreten Handlungsempfehlungen ist damit zunächst auch nur bis zur Jahrhundertmitte ausgerichtet und fachlich vertretbar.

Stand: November 2009:

Federführung: BLfU - Komischke/Weber unter Mitwirkung von LUBW, LUWG und DWD