



# Nutzerworkshop

## Verwendung von Ensembles

14./15. Juni 2016

Potsdam

Mario Hergesell

Hessisches Landesamt für Naturschutz,  
Umwelt und Geologie  
Dezernat Hydrogeologie, Grundwasser



# Inhalte

1. Einführung

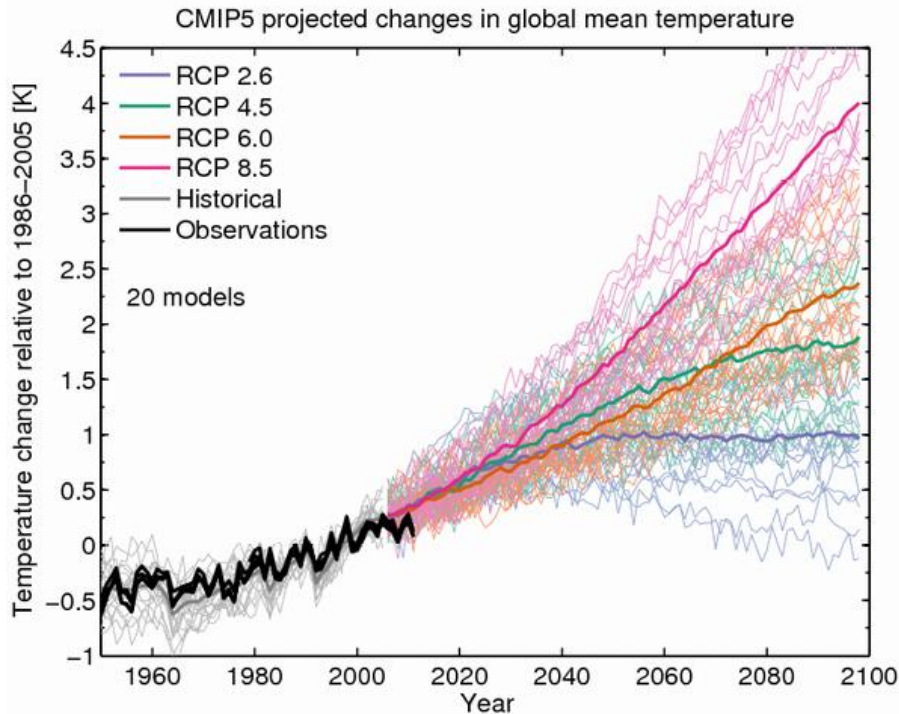
2. Herausforderungen bei der Ensemble-Modellierung

3. Fallbeispiel aus der Wasserwirtschaft:  
Entwicklung von Grundwasserständen

4. Lösungsansätze

5. Diskussion

# 1. Einführung



Eine Vielzahl unterschiedlicher Klimaprojektionen stehen den Impact-Modellierern zur Verfügung

Und es kommen immer neue dazu!

**Ensembles - Kombinationen** aus unterschiedlichen

Szenarien (SRES, RCPs, SSP-basierte RCPs, Lücken-Szenarien)

-> „*Multi-Szenario-Ensemble*“

Modellen (GCM, RCM, Wirkmodelle -> „*Multi-Modell-Ensemble*“

Anfangsbedingungen eines Modells -> „*Anfangsbedingungen-Ensemble*“

Beschreibungen der physikalischen Prozesse durch ein und dasselbe Klimamodell

-> „*Modellphysik-Ensemble*“

Methoden zur Bias-Adjustierung

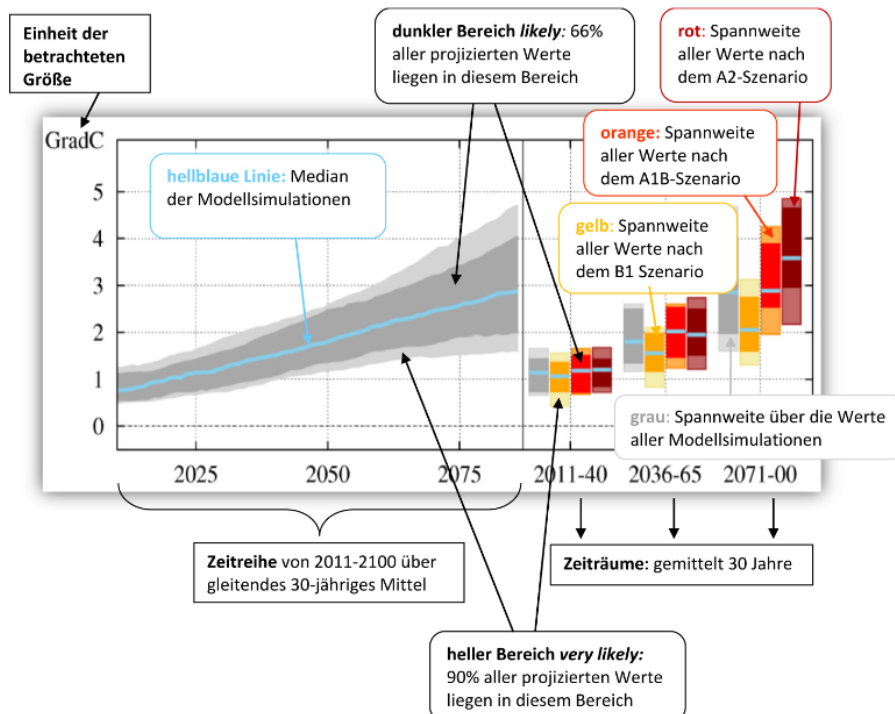
-> „*Multi-Bias-Adjusted-Method-Ensemble*“

## Ensemble Ansatz

Die Interpretation und Anwendung der Ergebnisse von Klimaprojektionsläufen für Planungen von Anpassungsmaßnahmen sollten sich aufgrund von Modellunsicherheiten nicht auf einzelne Modellläufe abstützen.

Daher werden möglichst viele Projektionen kollektiv ausgewertet.

Mit einem ausreichend großen und geeignetem Ensemble aus Klimaprojektionen ist es möglich, **statistische Aussagen** über zukünftige Klimazustände zu treffen.



Trend (Median, Mittelwert)  
Bandbreite der Perzentile  
Signifikanz des Klimasignals  
Richtungssicherheit und Streuung  
Quantifizierung der Unsicherheit

## 2. Herausforderungen bei der Ensemble-Modellierung

Der Umgang mit Ensembles stellt hohe Ansprüche an alle Beteiligten:

Verarbeitung sehr **großer Datenmengen** (Rechenaufwand, Speicherkapazitäten, Personal)

Wie läßt sich die große Anzahl an Ensemble-Mitgliedern auf ein aussagekräftiges und belastbares Set reduzieren? Wie groß ist die notwendige **minimale Ensemblegröße** zur Generierung robuster Aussagen?

Wie gehe ich mit der **Bias-Adjustierung** um (Änderung des Klimasignals, Parameter-Konsistenz, unterschiedl. Verfahren)?

Visualisierung und Interpretation der Ergebnisse

Ableitung konkreter (quantifizierbarer) Anpassungsmaßnahmen und Entwicklung von Anpassungsstrategien auf Grundlage von Ergebnisbandbreiten

Kommunikation von Ergebnisspannweiten und Unsicherheiten (Öffentlichkeit und Entscheidungsträger)

- komplexe Sachverhalte
- fortlaufender Erkenntniszuwachs / kurze Halbwertszeit des Wissens

*Wie kann man Fachfremde bei diesem Prozess „mitnehmen“?*

### 3. Fallbeispiel aus der Wasserwirtschaft: Entwicklung von Grundwasserständen

In Hessen wird 95 Prozent des Trinkwassers aus Grundwasser gewonnen.

Für die Referenzperiode 1971 – 2000 beträgt das langjährig mittlere Flächenmittel der **Grundwasserneubildung** in Hessen rd. 101 mm/a

Derzeit werden hessenweit jährlich rd. 5-fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird. Abgesehen von regionalen und saisonalen Ausnahmen bestehen im Hinblick auf die Grundwassermenge derzeit keine Probleme.

Im Hessischen Ried (Oberrheingraben) existieren aber Grundwasser-verbundene Nutzungskonflikte

Landwirtschaft



Forstwirtschaft



Naturschutz



Siedlungs- und Verkehrswesen



Wasserversorgung



Folgen **extrem niedriger Grundwasserstände** Trockenperioden: 1971-1976, 1990-1993



Trockenfallen der flachen Saugbrunnen  
-> Ausfälle in der landwirtschaftlichen  
Beregnung



Schädigung grundwasserab-  
hängiger Biotope und Wald-  
gebiete



Setzrissschäden an Gebäuden und  
Verkehrsinfrastruktur

## Folgen extrem hoher Grundwasserstände

**Feuchtperioden:** 1981-1983, 1987-1988, 2001-2003



Vernässung und Überflutung  
landwirtschaftlicher Nutzflächen

Überflutung von Waldgebieten

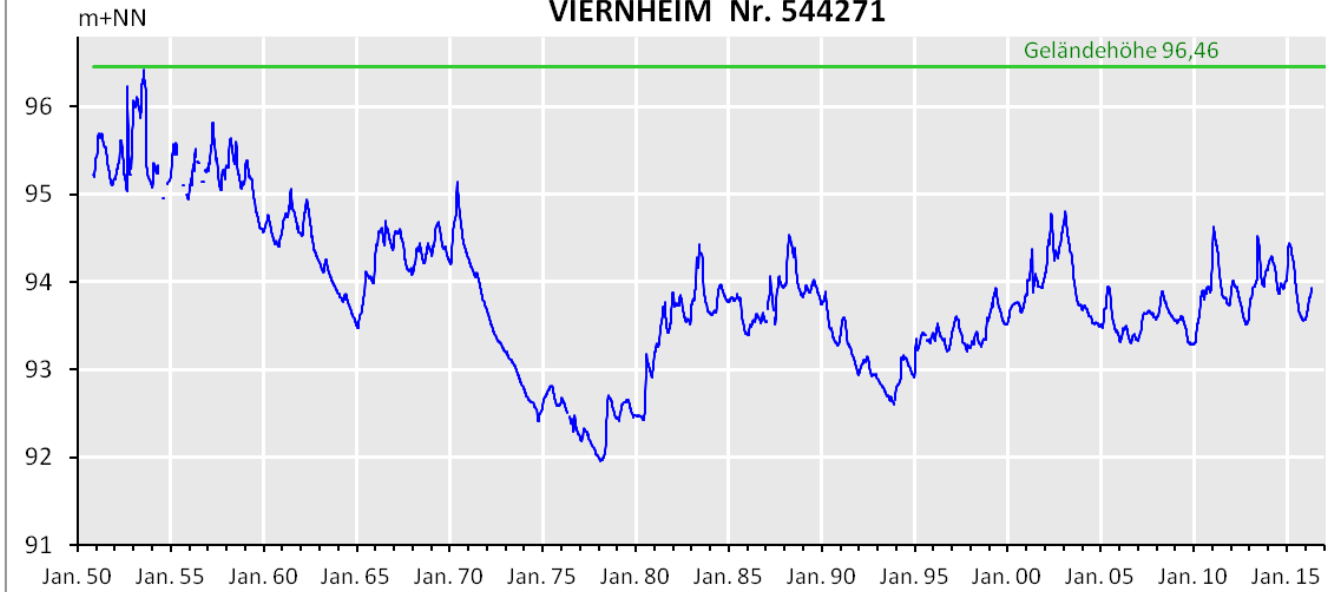


Überflutete Straßen

Kellervernässungen in  
Siedlungsgebieten



**VIERNHEIM Nr. 544271**



$$\Delta \text{GW-Stand} = \Delta \text{GW-Neubildung} + \Delta \text{Trinkwasserbedarf} + \Delta \text{Beregnungsbedarf}$$

Sensitivster Wirkmodellparameter: Niederschlag (insbes. Winterniederschlag)

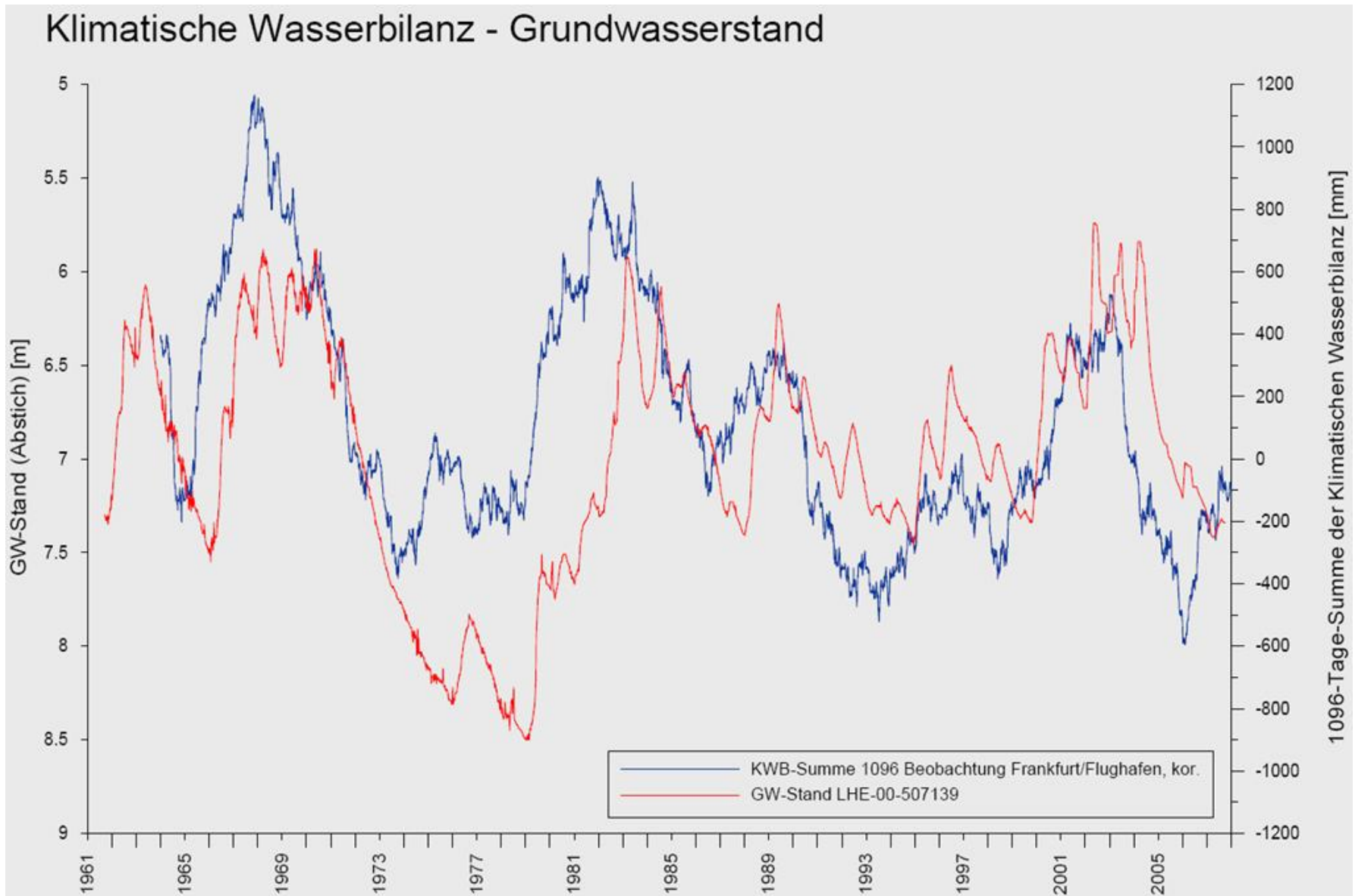
## Anforderungen an regionale Klimaprojektionen

Plausible Wiedergabe von:

- Abfolge von Trocken- und Feuchtjahren (Periodizität)
- Niederschlagsdynamik (Amplituden, Extreme, Jahresgang)

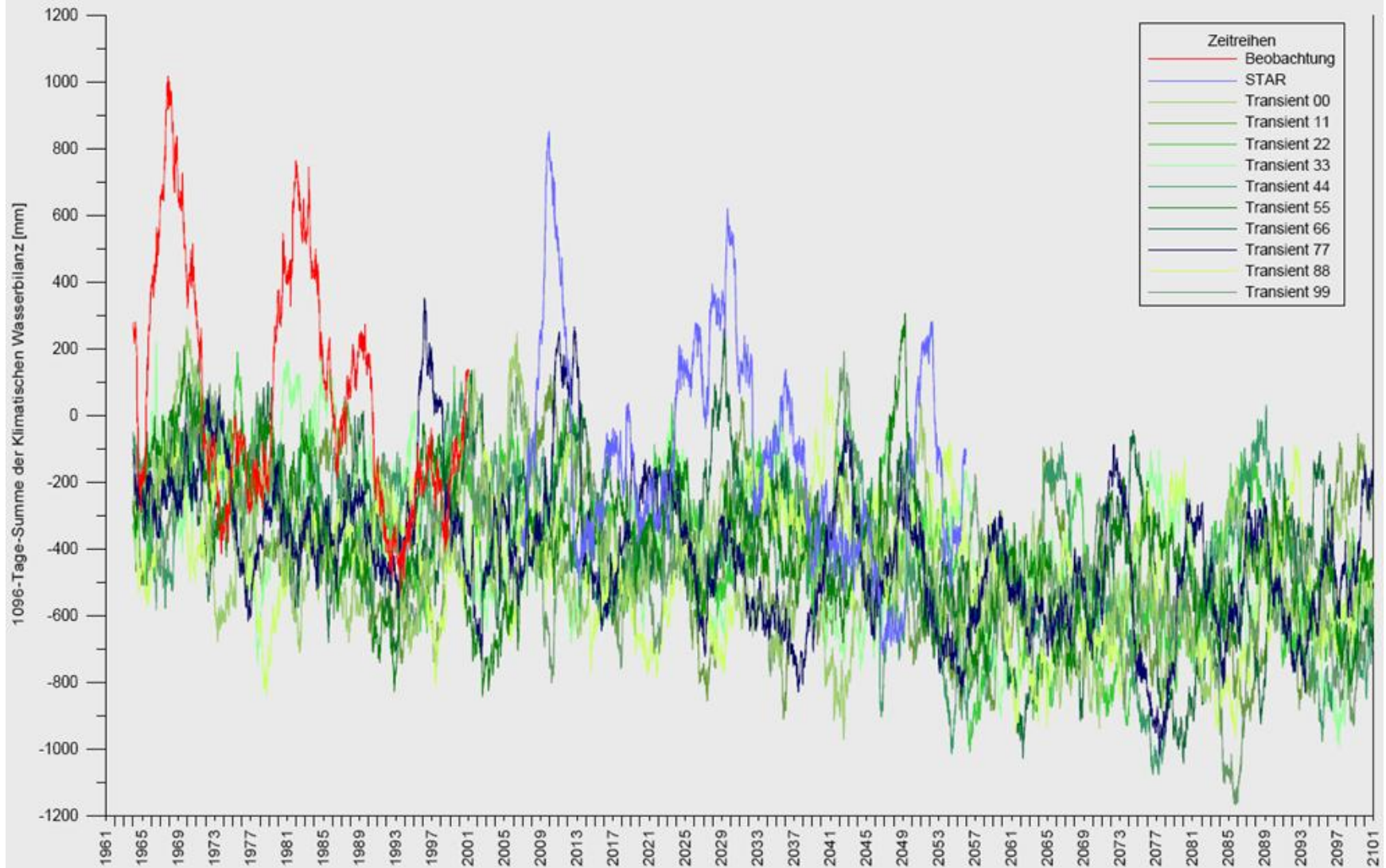
-> wegen **Niederschlags-BIAS** bei den dynamischen Regionalmodellen wurden **bisher nur statistische Regionalmodelle verwendet.**

# Abgeleitete Klimagröße zur schnellen Vorab-Bewertung und Selektion von Klimaprojektionen

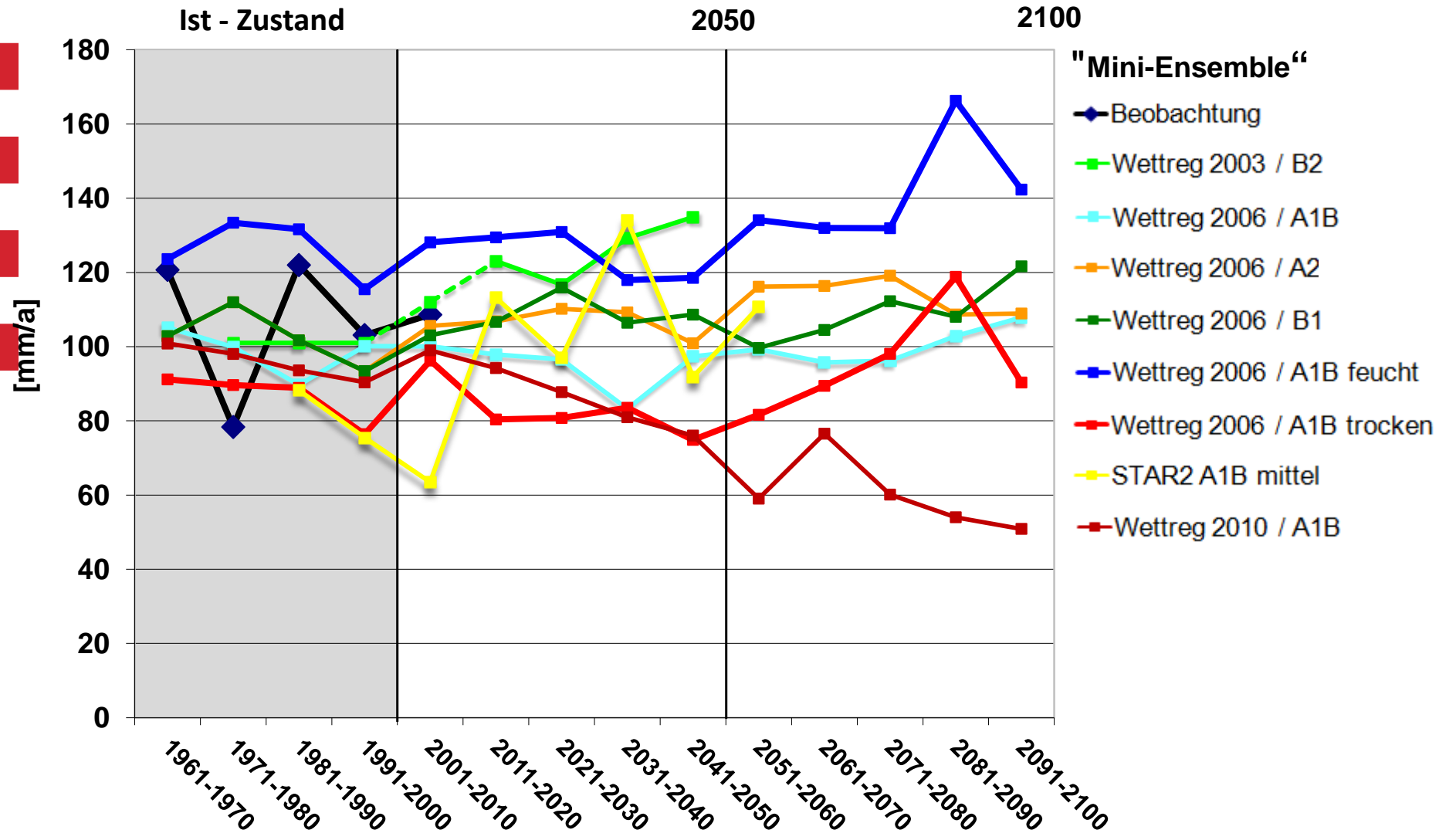


# Abgeleitete Klimagröße zur schnellen Vorab-Bewertung und Selektion von Klimaprojektionen

## Klimatische Wasserbilanz – Zeitreihen im Vergleich



# Dekadische Variabilität der Grundwasserneubildung in Hessen



Die verschiedenen Projektionen erfordern sehr unterschiedliche Anpassungsmaßnahmen! *Welche Empfehlung soll man hier geben?*

## 4. Lösungsansätze

**Bereitstellung von Bias-adjustierten regionalen Klimaprojektionen**  
unter Wahrung der Konsistenz zwischen den einzelnen Klimaparametern

### **Minimierung des BIAS**

z.B. KIT Karlsruhe : Bereitstellung hochaufgelöster Klimaprojektionen  
(COSMO CLM, RCP 8.5, 2,8 km Raster, Antrieb ECHAM6 )  
Verbesserung des Landoberflächenmodells / Bodenmoduls

### **Reduzierung der Ensemble-Anzahl**

#### **1) Schaffung eines nationalen Sets regionaler Klimaszenarien**

**Vorteil:** Standardisierung und Vergleichbarkeit

**Nachteil:** Nicht allgemein anwendbar / übertragbar

Die Selektion geeigneter und belastbarer Projektionen unterscheidet sich für:

- Wirkbereiche / Fragestellungen / Kenngrößen
- Wirkmodellanforderungen (Parametersensitivitäten)
- Raum / Regionen
- Zeit (saisonale Ausprägung / Jahresgang, gewählte Vergleichsperioden)

**-> Jede Anwendung bedingt eine andere Ensemble-Auswahl !**

Fortsetzung „Reduzierung der Ensemble-Anzahl“:

## 2) Individuelle Methoden für die Bewertung und Selektion von Klimaprojektionen (Screening- / Scoring-Tools)

Klima-Audit (Bayern),  
Klimatische Leitplanken (Baden-Württemberg)  
Selektions-Tool DSEL (Sachsen)  
KLIWAS / BfG

### Erstellung eines **Leitfadens**

für eine transparente, reproduzierbare und fachlich begründete Selektion von Klimaprojektionen zur Bildung von handhabbaren, repräsentativen und belastbaren Ensembles

mit Fallbeispielen im Anhang (s.o.)

## 5. Diskussion

Wie groß ist die notwendige minimale Ensemblegröße zur Generierung robuster Aussagen?

Welche Ensemble-Mitglieder wähle ich für die unterschiedlichen Handlungsfelder / Fragestellungen aus?

Was sind die Auswahlkriterien für die Selektion plausibler Klimaprojektionen?

Wie sind Ensemble-Ergebnisse / Bandbreiten zu interpretieren?

Wie lassen sich auf der Grundlage von Ergebnisbandbreiten konkrete Anpassungsmaßnahmen und – strategien ableiten?

Wie kommuniziere ich Ensemble-Bandbreiten und Unsicherheiten?

Was können die **Modellierer** tun, damit die Nutzer mit Ensemble-Daten besser arbeiten können?

Was können die **Anwender** (Impact-Modellierer) tun, um mit den Daten besser arbeiten zu können?

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**