

# Probabilistische Abschätzung regionaler Klimaänderungen (PaRK)

\*\*\*

## Szenarienrechnungen mit WETTREG zur Bestimmung der Bandbreite des Klimawandels

(PaRK-CEC)



Dr. Wolfgang Enke, Dipl.-Met. Arne Spekat, Dr. Frank Kreienkamp (arne.spekat@cec-potsdam.de)

Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH  
Telegrafenberg A31, 14473 Potsdam



### Grundidee

Globale Klimamodelle sind in der Lage, auf großen Skalen zeitliche Entwicklungen und Zirkulationsmuster zu erfassen. Für regionale und lokale Skalen müssen dynamische Verfahren oder statistische Verfahren eingesetzt werden.

WETTREG ist ein statistisches Verfahren, das Beziehungen zwischen großräumigen Mustern und lokalen Zeitreihen bestimmt. Aus Szenarios eines globalen Modells können damit hochaufgelöste Szenarios entwickelt werden. Abb. 1 zeigt den WETTREG-Teilprozess, mit dem „warme“ und „kalte“ Zirkulationsmuster gebildet werden.

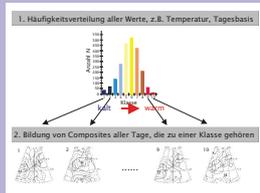


Abb. 1: Musterbildung bei WETTREG als Komposita einer Führungsgröße, z.B. Temperatur.

Der Beitrag von CEC Potsdam zu PaRK besteht darin, die Mustersuche erstmals in einer Vielzahl von Modellen durchzuführen. Daraus entstehen Einblicke in die Bandbreite der regionalisierten Größen.

### Verwendete Modelle als Antrieb für WETTREG

- ECHAM 5 MPI-OM
  - Läufe 1, 2 und 3 (E5L1...E5L3); 20C und A1B
- ECHAM 5 MPI Full Forcing
  - Läufe 1, 2 und 3 (E5F1...E5F3); 20C
- ECHAM 4 ECHO-G Universität Bonn
  - Läufe A41 bis A44, 20C
  - Läufe A51 bis A54, A1B
  - (E4G1...E4G4)
- Canadian Climate Center CGCM 3.1 T63
  - (CGCM) 20C und A1B
- Bjerknes Center BCCR
  - (BCCR) 20C und A1B
- Regionalmodell CLM; Konsortialläufe 18 km Auflösung
  - Lauf 1 (CLM18); 20C und A1B
- Experiment innerhalb von PaRK: Identifikation von Zirkulationsmustern in der Gegenwart und Extrapolation von deren Trends in die unmittelbare Zukunft (Extrapol)

Die fettgedruckten Angaben in Klammern werden zur Identifikation der Modelle in Abb. 2 bis 5 verwendet.

### WETTREG mit verschiedenen Modellen: Validierung 1971-2000

Validierung von Regionalisierungen: Vergleich von WETTREG, angetrieben durch 20C-Daten von verschiedenen Modellen, mit Klimadaten für das Land Baden-Württemberg, Zeitraum 1971-2000.

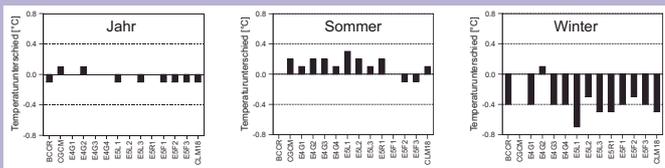


Abb. 2: Flächenmittel der regionalisierten Temperatur in Jahr, Sommer und Winter für Baden-Württemberg. Die Säulen geben die Differenz zwischen 20C-Daten der jeweiligen Modelle und Klimamesswerten an. Vergleichszeitraum: 1971-2000. Nomenklatur der Antriebsdaten findet sich in der Tabelle der verwendeten Modelle.

Ziel der Validierung ist es, systematische Abweichungen zwischen regionalisierten Daten und Klimamessungen aufzuzeigen. Dazu wurde das WETTREG-Verfahren mit den täglichen Realisierungen von 20C-Kontrollläufen angetrieben. Aus ihnen erzeugt WETTREG an den Positionen der Klimastationen synthetische Zeitreihen. Steuernder Faktor für diese Reihen ist die Häufigkeit der Zirkulationsmuster (vgl. Abb. 1).

Abb. 2 fasst die Ergebnisse für die Temperatur zusammen. Positive Vorzeichen bedeuten, das Modell ist wärmer als die Messungen und negative Vorzeichen zeigen eine Abweichung des Modells nach unten an. Für das Jahr und den Sommer treten nur sehr geringe Abweichungen auf, die meist unter 0,2°C liegen. Lediglich im Winter gibt es bei der Mehrzahl der Modelle systematische Abweichungen von -0,4°C.

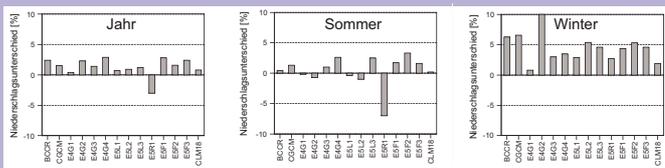


Abb. 3: Wie Abb. 2 jedoch für die Validierung des Niederschlags in Baden-Württemberg

Abb. 3 zeigt die Niederschlags-Validierung. Dargestellt ist die prozentuale Abweichung. Positive Vorzeichen bedeuten, das Modell ist niederschlagsreicher als die Messungen und negative Vorzeichen zeigen eine Abweichung des Modells zum Trocken hin an. Abweichungen von 5 bis 10% sind im Bereich der Modellvariabilität.

Es zeigt sich, dass im Validierungszeitraum beim Jahres- und beim Sommerniederschlag die prozentuale Abweichungen mit einer Ausnahme unter 5% bleiben. Beim Winterniederschlag treten Abweichungen von +5% und mehr für einige Modelle auf.

**Fazit der Validierung:** Die Bandbreite wird erkennbar, aber die systematischen Fehler sind zumeist gering.

### Klimasignale bis 2030

Im Rahmen von PaRK liegt das Augenmerk auf Klimasignalen der nahen Zukunft. Daher erfolgt die Trendbetrachtung bis zur Dekade 2021-2030. Das Klimasignal ist bei diesem Zeithorizont zwar nicht so stark wie zum Ende des 21. Jahrhunderts, aber die Wahrscheinlichkeit eines externen Störeinflusses ist ebenfalls geringer.

Die verschiedenen mit WETTREG erstellten regionalisierten Szenarios sowie mehrere dynamische Regionalisierungen mit dem Modell CLM werden von den PaRK-Verbandpartnern an der Universität Bonn mit Hilfe der bayesischen Statistik gemeinsam zur Erstellung eines probabilistischen Szenarios herangezogen.

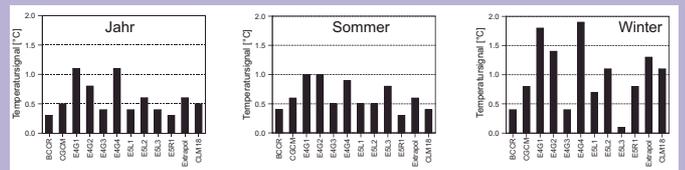


Abb. 4: Vergleich der Klimasignale, die beim Antrieb von WETTREG mit verschiedenen Modellen errechnet werden. Die Balken geben das Flächenmittel der Temperatur für Jahr, Sommer und Winter in Baden-Württemberg wieder. Verglichen wird das Szenario A1B (2001-2030) mit den 20C-Daten (1971-2000). Nomenklatur der Läufe ist der Tabelle mit den verwendeten Modellen zu entnehmen, mit dem Unterschied, dass E5F1...3 fehlt (keine Szenariorechnungen) und Extrapol hinzugekommen ist, bei dem kein Modell sondern eine Extrapolation der Häufigkeitsverteilungen der Zirkulationsmuster aus der Gegenwart in den Zeitraum 2001-2030 die Basis für die WETTREG-Simulationen bildet.

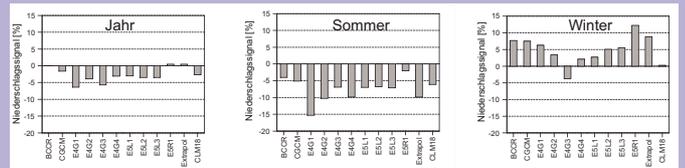


Abb. 5: Wie Abb. 4, jedoch für die Niederschlagsunterschiede bis 2001-2030.

Die Temperatursignale in Abb. 4 zeigen eine Bandbreite, die im Winter am deutlichsten wird. Interessant sind auch Vergleiche mehrerer Läufe des selben Modells (z.B. ECHAM 4 oder ECHAM 5). Bei den Niederschlagsunterschieden in Abb. 5 zeichnet sich ebenfalls eine Bandbreite der mit verschiedenen Modellen angetriebenen WETTREG-Regionalisierungen ab. Diese liegt beim Jahr in einem Wertebereich bis -5%. Es bestätigt sich zudem die Erfahrung aus anderen Studien (Spekat et al., 2007), dass der Sommerniederschlag zurück geht - bei einigen Modellen um 10% und mehr und dass der Winterniederschlag zunimmt - in Baden-Württemberg für den Zeithorizont bis 2030 aber in geringerem Maße als in anderen Regionen.

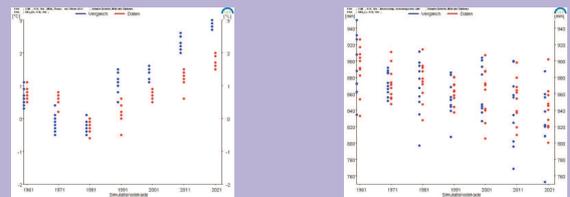


Abb. 6: Dekadenzeitreihen. Links: Änderung des Dekadenmittels der Wintertemperatur zwischen 1961-1970 und 2021-2030. Rote Punkte: Zehn WETTREG-Simulationen angetrieben mit CLM-Daten. Blaue Punkte: Antrieb mit ECHAM 4 ECHO-G Lauf 4. Rechts: Wie bei der linken Abbildung jedoch für den Jahresniederschlag. Rote Punkte: WETTREG angetrieben mit CLM-Daten. Blaue Punkte: Antrieb mit ECHAM 5 Lauf 1.

Auf eine weitere Quelle von Bandbreiten sei mit Abb. 6 hingewiesen: Mit WETTREG werden immer mehrere Simulationen durchgeführt, so dass beispielsweise 100 modellierte Jahre das Klima einer Dekade abbilden. Die roten und blauen Punkte in Abb. 6 stehen jeweils für eine solche Simulation.

### Fazit

Als Beitrag zum Verbundprojekt PaRK, das für die Zukunftsoffensive IV des Landes Baden-Württemberg Grundlagen erstellt, wurde zwischen Mai 2007 und September 2008 von der Firma CEC-Potsdam ein breites Spektrum von Klimamodellen für die Nutzung als Antrieb der WETTREG-Regionalisierung aufbereitet. Diese werden als Teil des Eingangs für eine probabilistische Abschätzung des Klimasignals genutzt.

Auch für sich sind die Resultate sehr interessant, denn sie liefern Beiträge zur Diskussion um die Bandbreite der Klimasignale.

### Literatur

Spekat, A., W. Enke und F. Kreienkamp, 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 ECHAM 5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Forschungsbericht. Umweltbundesamt, FKZ 204 41 138, 140pp.

Gefördert durch das Umweltministerium Baden-Württemberg im Rahmen der Zukunftsoffensive IV.