

LARSIM Anwendertreffen 2013

Wasserhaushaltsimulationen unter Verwendung von COSMO-CLM- und WETTREG-Klimaprojektionen für das Rhein-Einzugsgebiet bis zum Pegel Worms

Andreas Wagner und Kai Gerlinger

HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

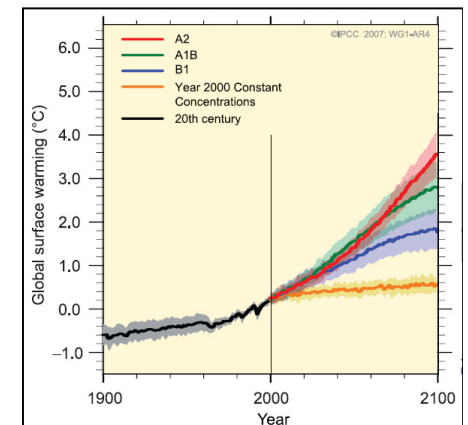
Vassilis Kolokotronis

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

1.1 Emissionsszenarien

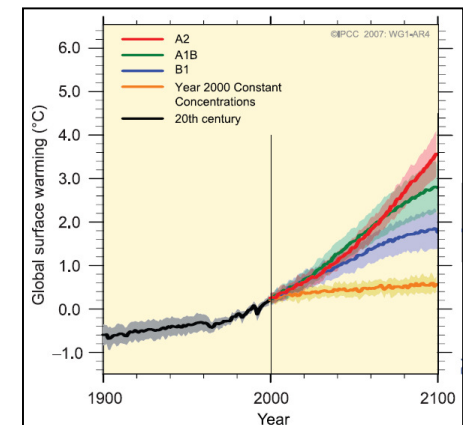
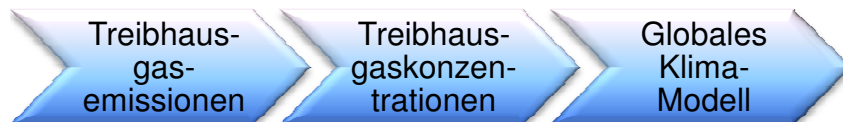
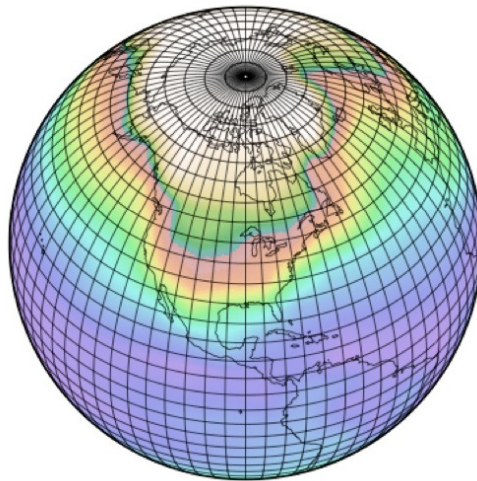


**zukünftige globale
Entwicklung,
“mittleres”
Emissions-
Szenario IPCC
SRES A1B
(2021 bis 2050)**



1.2 Globalmodell

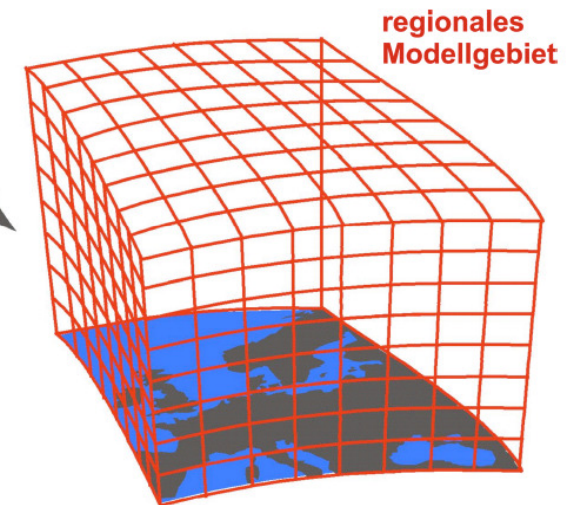
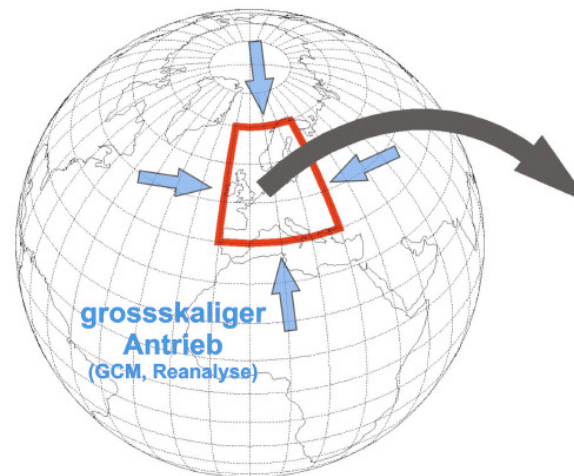
**Globales Klima-
modell:**
ECHAM5/MPI-OM
**Anfangswert-
Ensemble: run1,
run2 und run3**
(MPI-M, Hamburg)



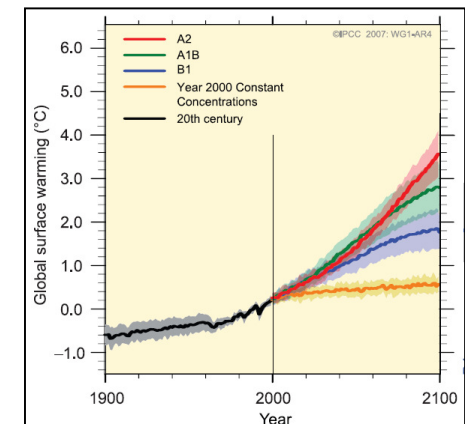
1.3 Regionalmodelle

**Dynamische regionale
Klimamodelle:**

**COSMO-CLM (7x7km)
(IMK, KIT Karlsruhe)**



Tomassini & Bülow 2009



1.3 Regionalmodelle

Statistische regionale Klimamodelle:

1. WETTREG 2006

2. WETTREG 2009/2010

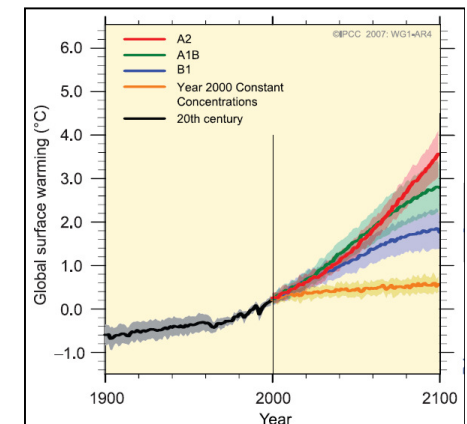
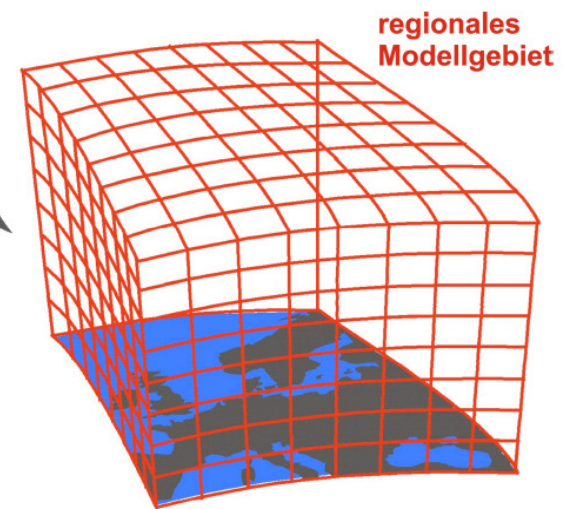
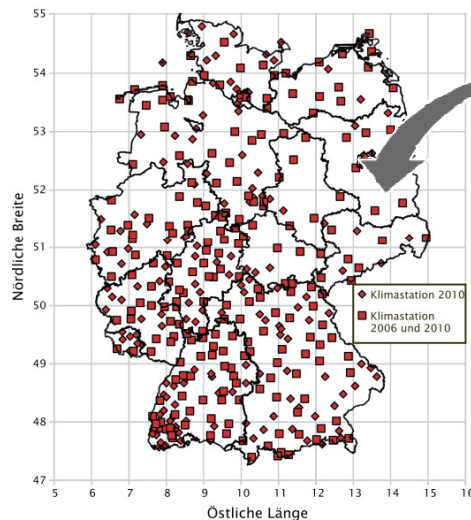
(stationsbezogen)

(CEC, Potsdam)

Dynamische regionale Klimamodelle:

COSMO-CLM (7x7km)
(IMK, KIT Karlsruhe)

Kreienkamp et al. 2011



Treibhaus-
gas-
emissionen

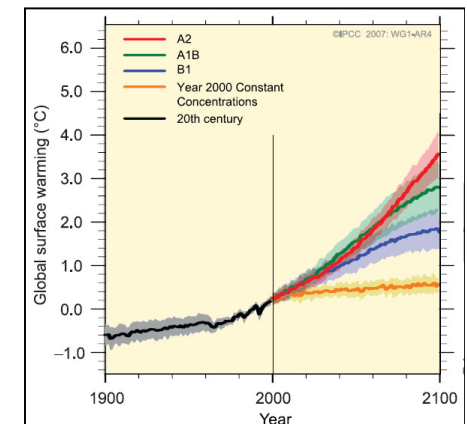
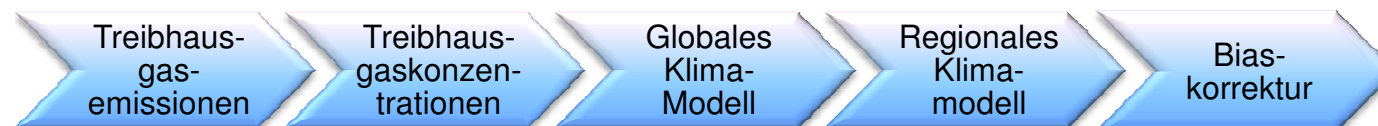
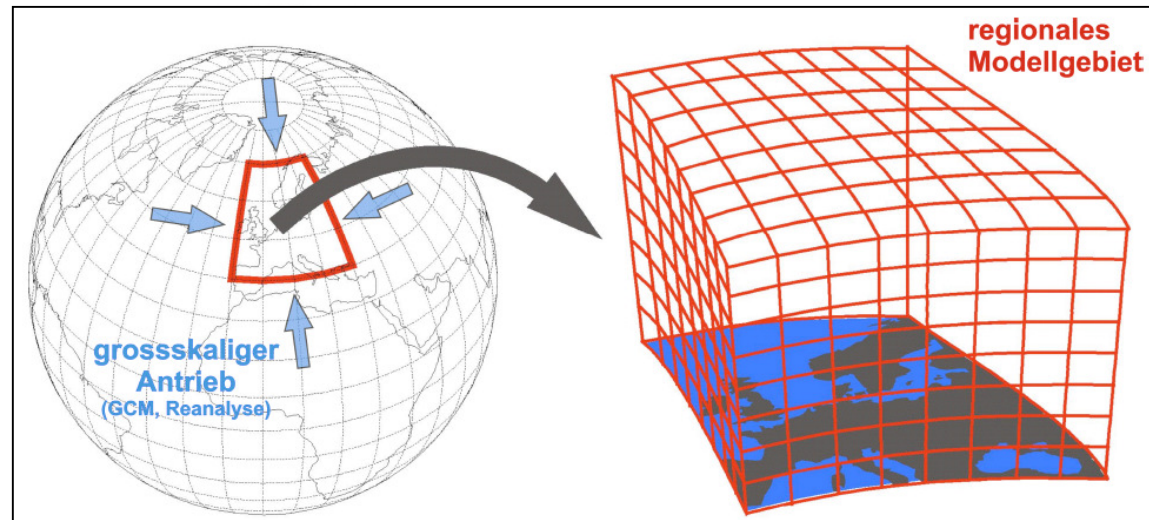
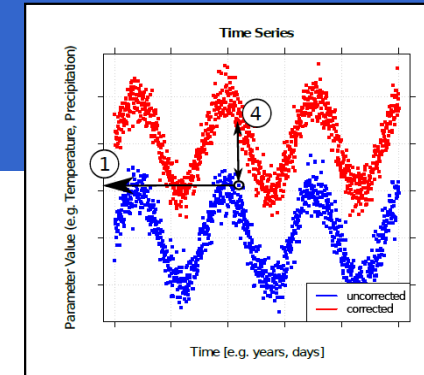
Treibhaus-
gaskonzen-
trationen

Globales
Klima-
Modell

Regionales
Klima-
modell

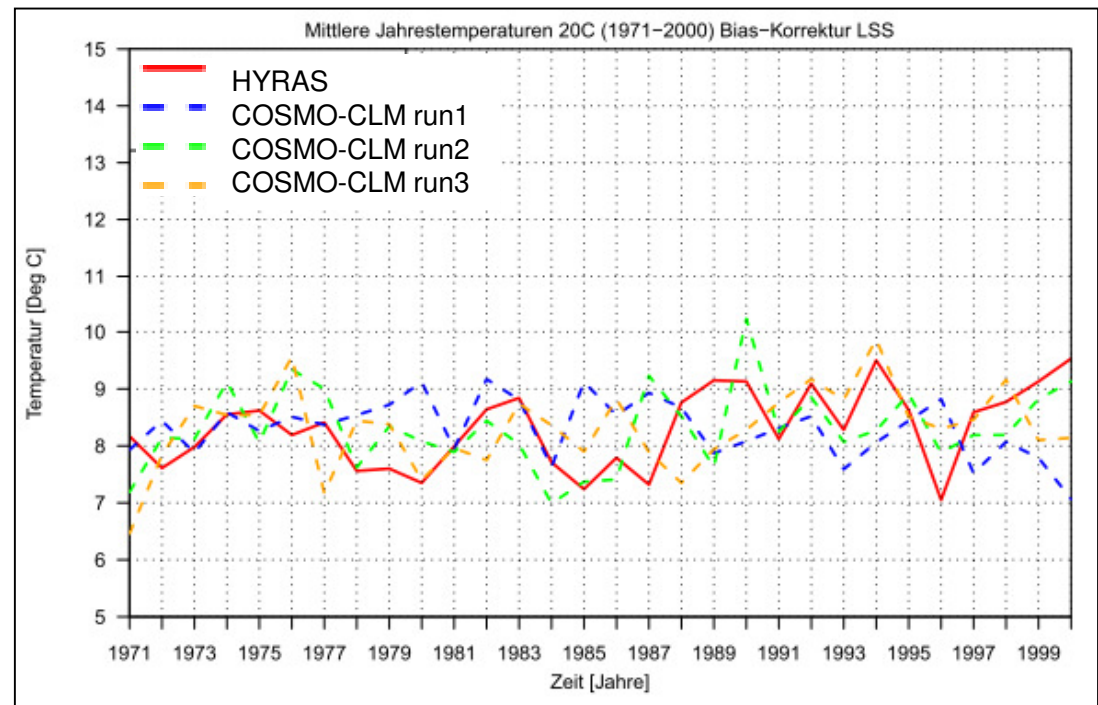
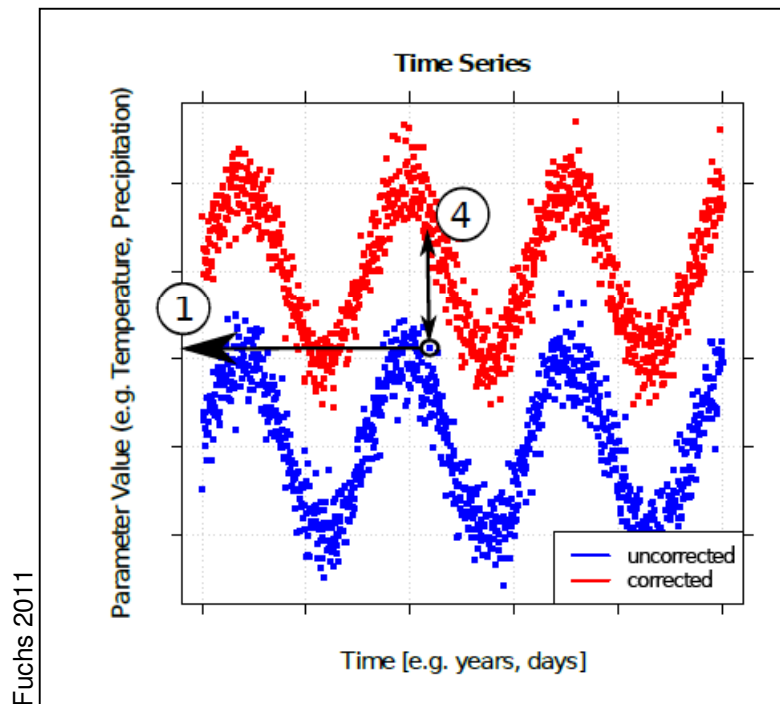
1.4 Bias-Korrektur

Bias-Korrektur der Ergebnisse der Regionalmodelle



1.4 Bias-Korrektur

- Lineare Skalierung (additive bzw. multiplikative Korrektur)

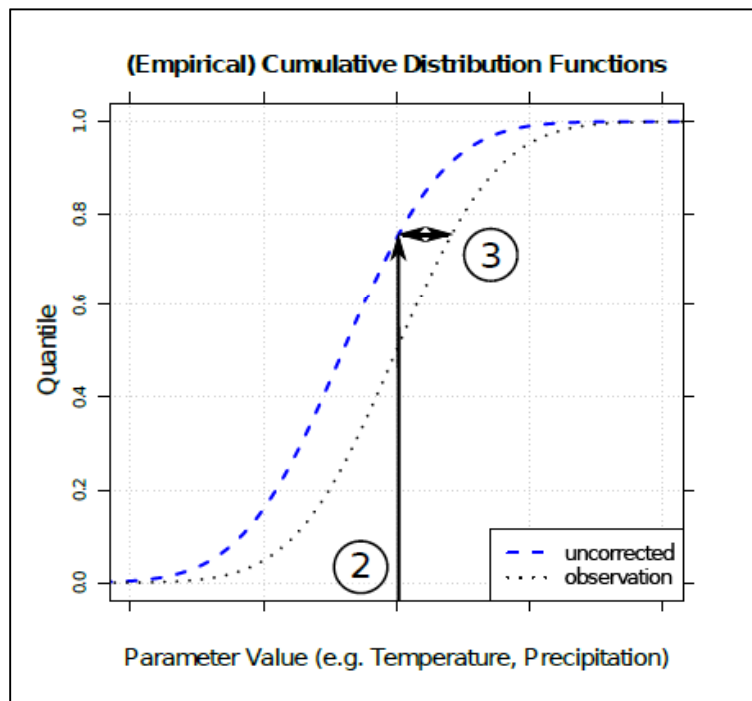


Panitz et al. 2011



1.4 Bias-Korrektur

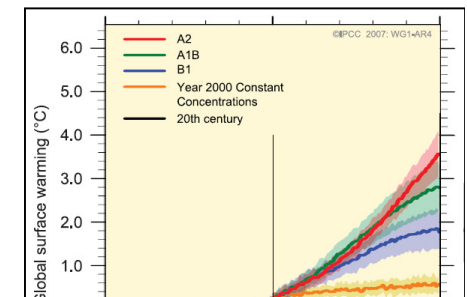
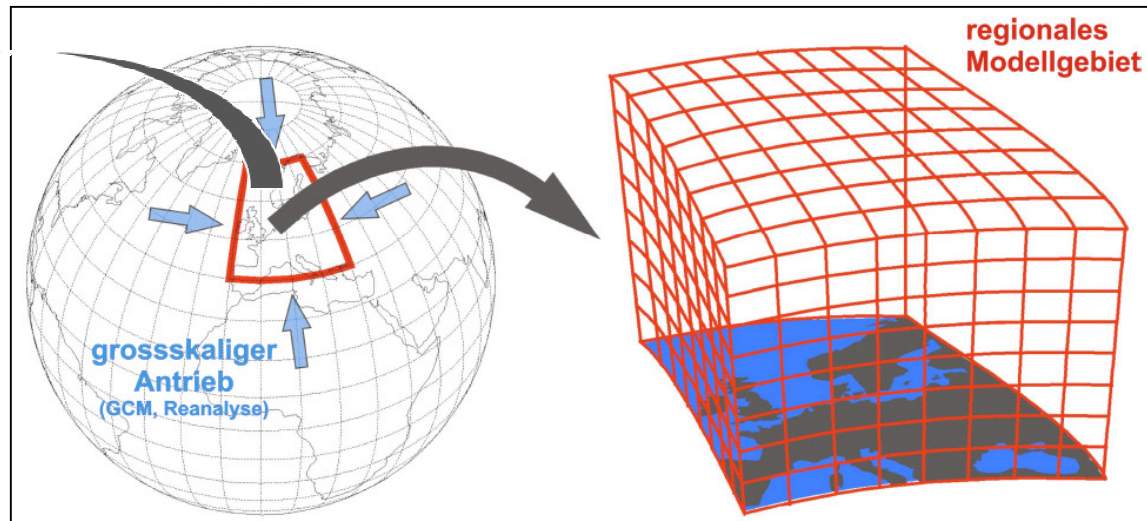
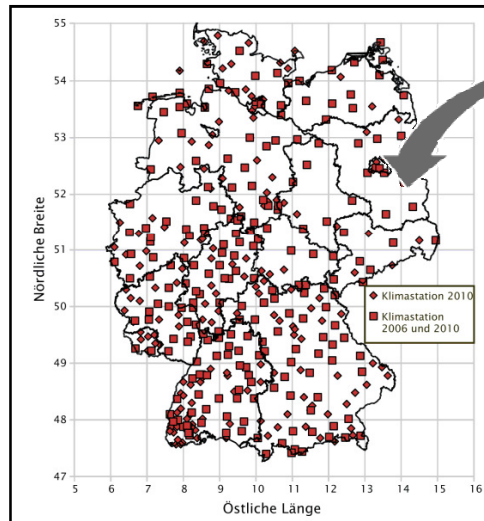
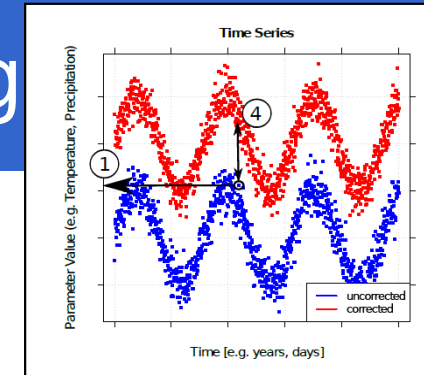
- Lineare Skalierung (additive bzw. multiplikative Korrektur)
- Quantile Mapping (Anpassung der Verteilungsfunktion)



Fuchs 2011



1.5 Regionalisierung

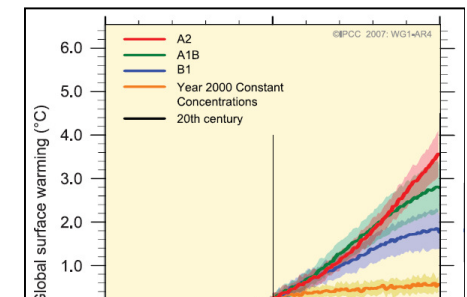
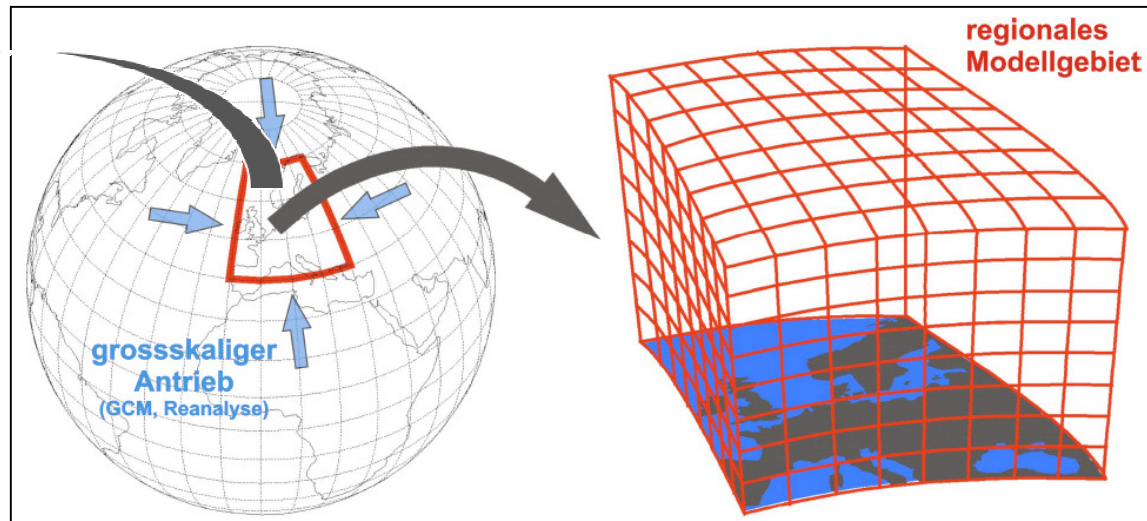
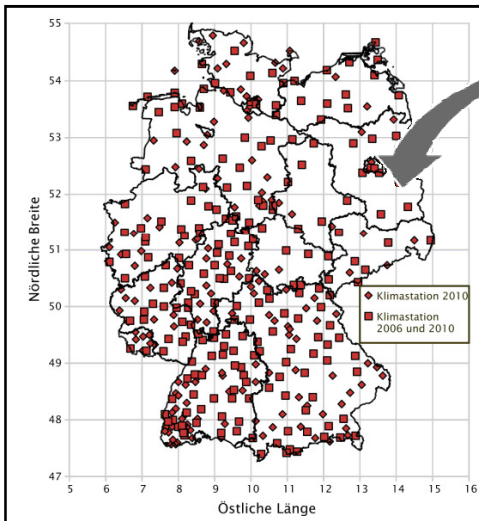
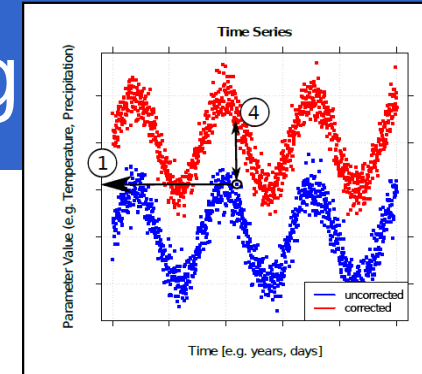
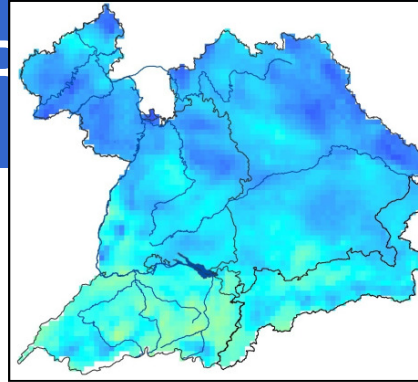


Regionalisierung der Ergebnisse der Regionalmodelle:

Umrechnung auf die 1x1km-Auflösung der Wasserhaushaltsmodelle

1.5 F

run



Treibhausgas-emissionen

Treibhausgaskonzentrationen

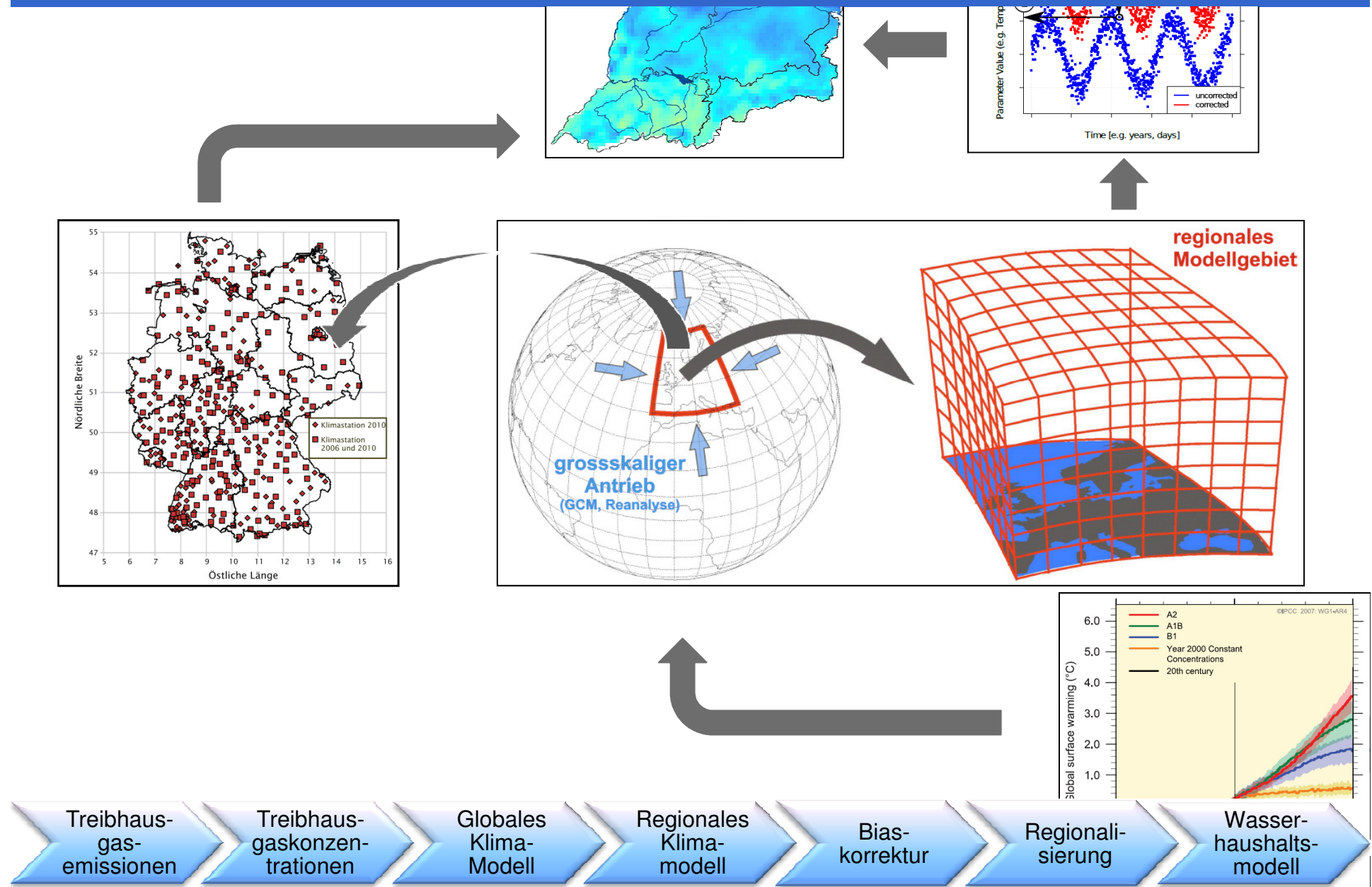
Globales Klima-Modell

Regionales Klima-modell

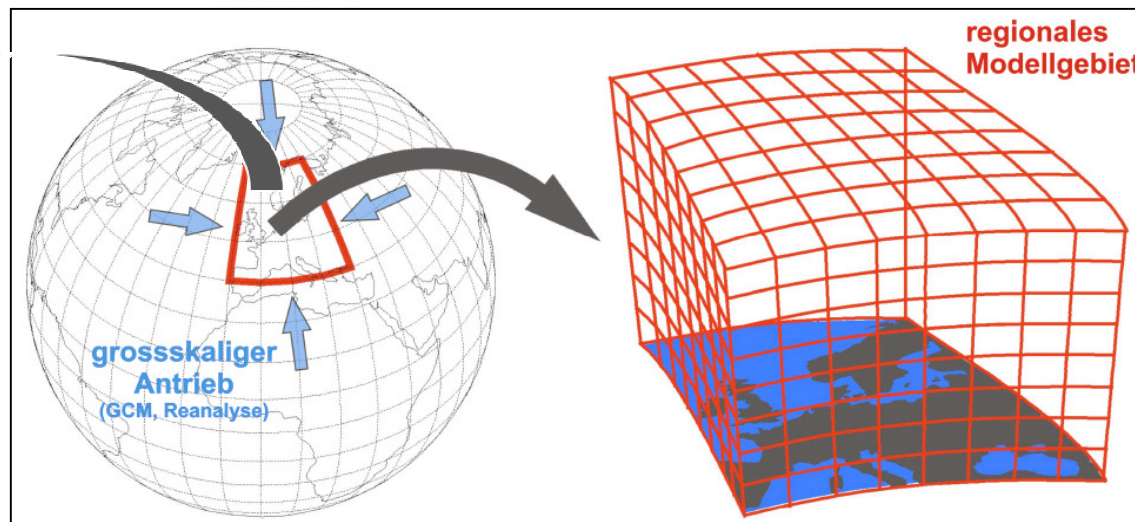
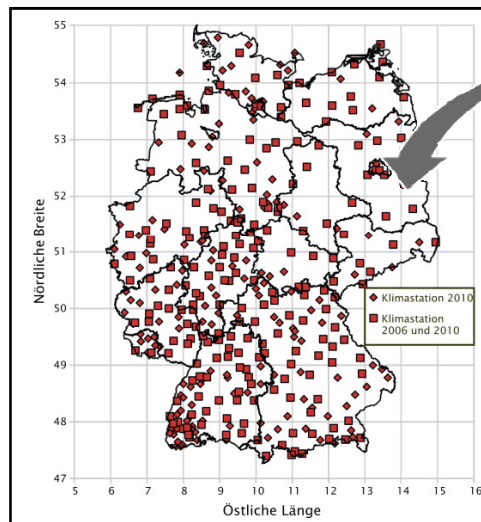
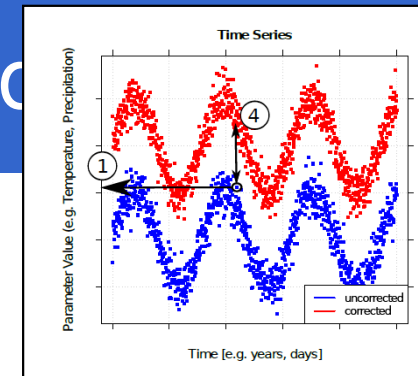
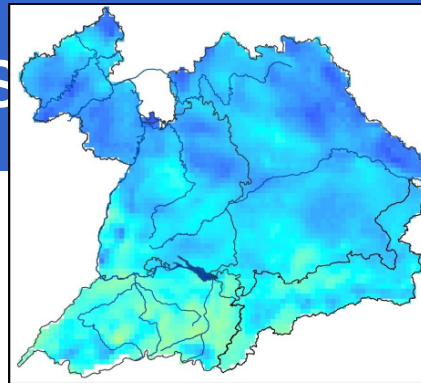
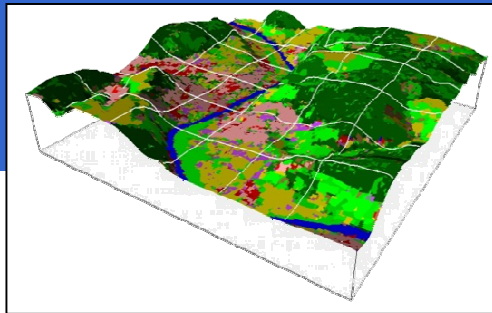
Bias-korrektur

Regionalisierung

1.6 Wasserhaushaltsmodelle

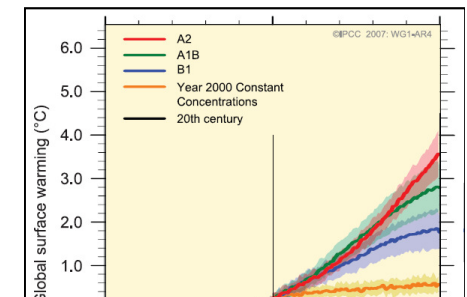


Wasserhaushaltsmodell



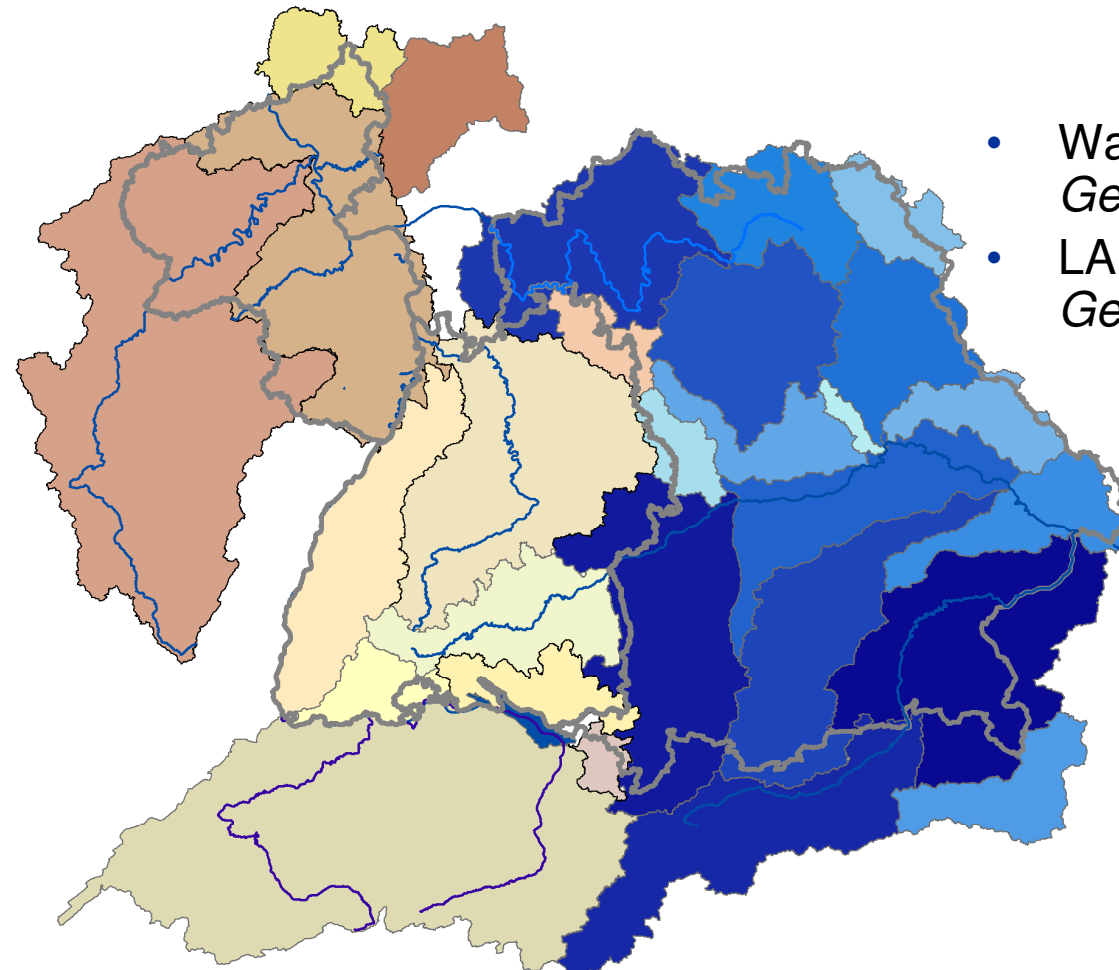
Anwendung der Wasserhaushaltsmodelle:

- LARSIM (BW, RLP)
- WaSiM-ETH (BY)



1.6 Wasserhaushaltsmodelle

- Untersuchungsgebiet (RLP (+ Mosel), BW (+ Rhein-CH) und BY (+ Inn)) mit Wasserhaushaltsmodellen in hoher räumlicher Auflösung (1x1 km, Tageswerte) abgedeckt.



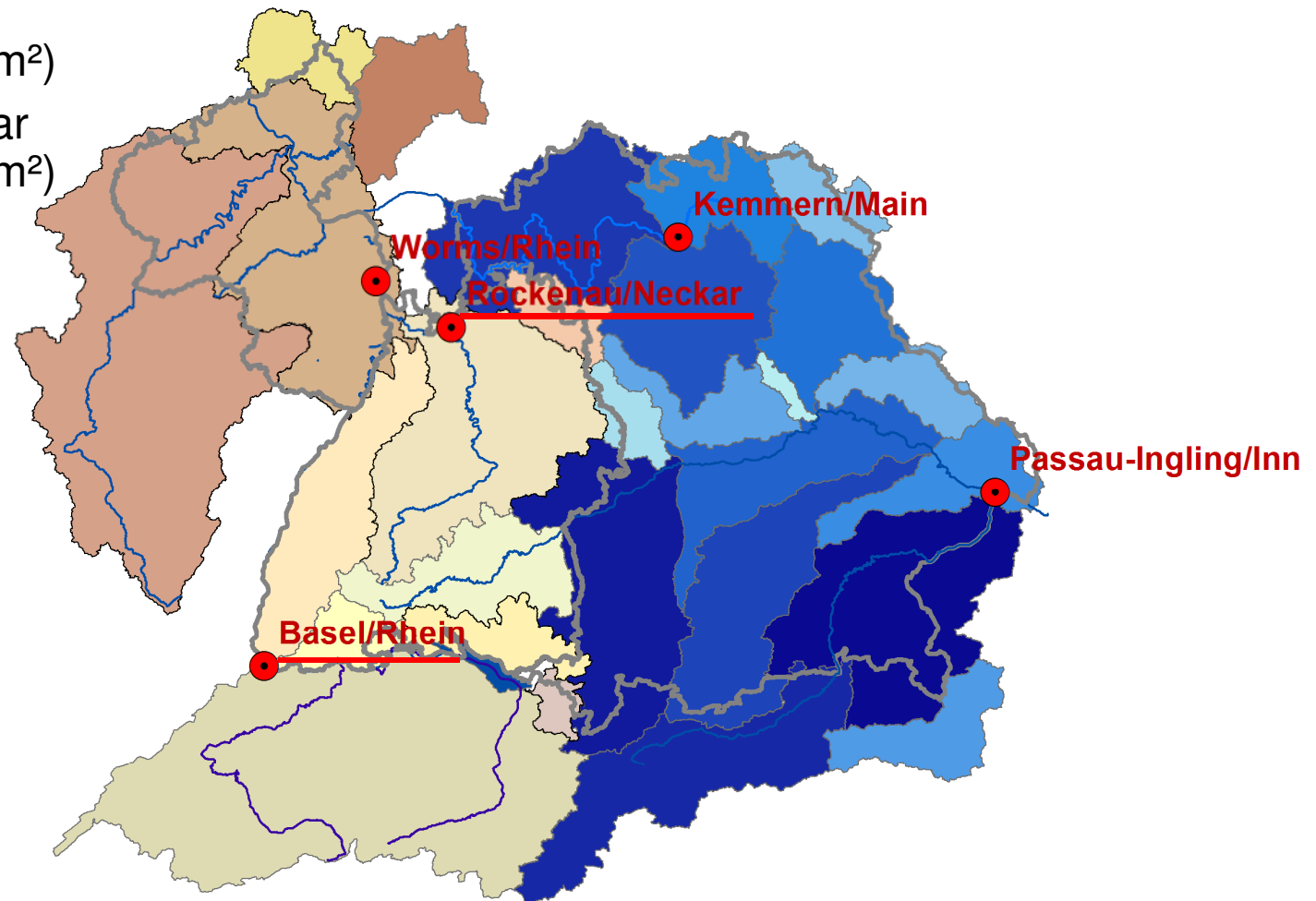
- WaSiM-ETH (*blaue Gebiete in Karte*)
- LARSIM (*braune Gebiete in Karte*)



2. Ergebnisse

Darstellung der Ergebnisse für das Rhein-Einzugsgebiet anhand von zwei Pegeln:

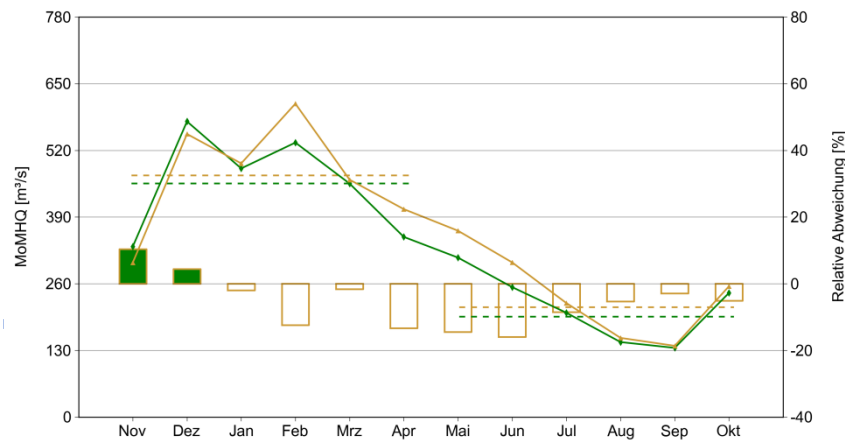
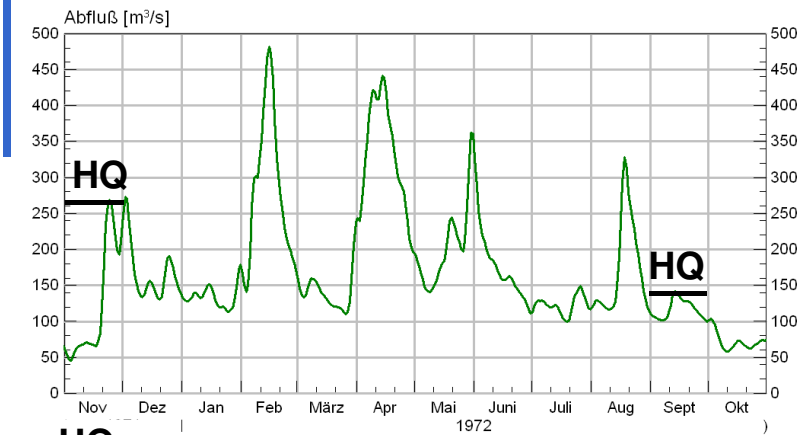
- Basel/Rhein
($A_{EZG} = 35.921 \text{ km}^2$)
- Rockenau/Neckar
($A_{EZG} = 12.676 \text{ km}^2$)



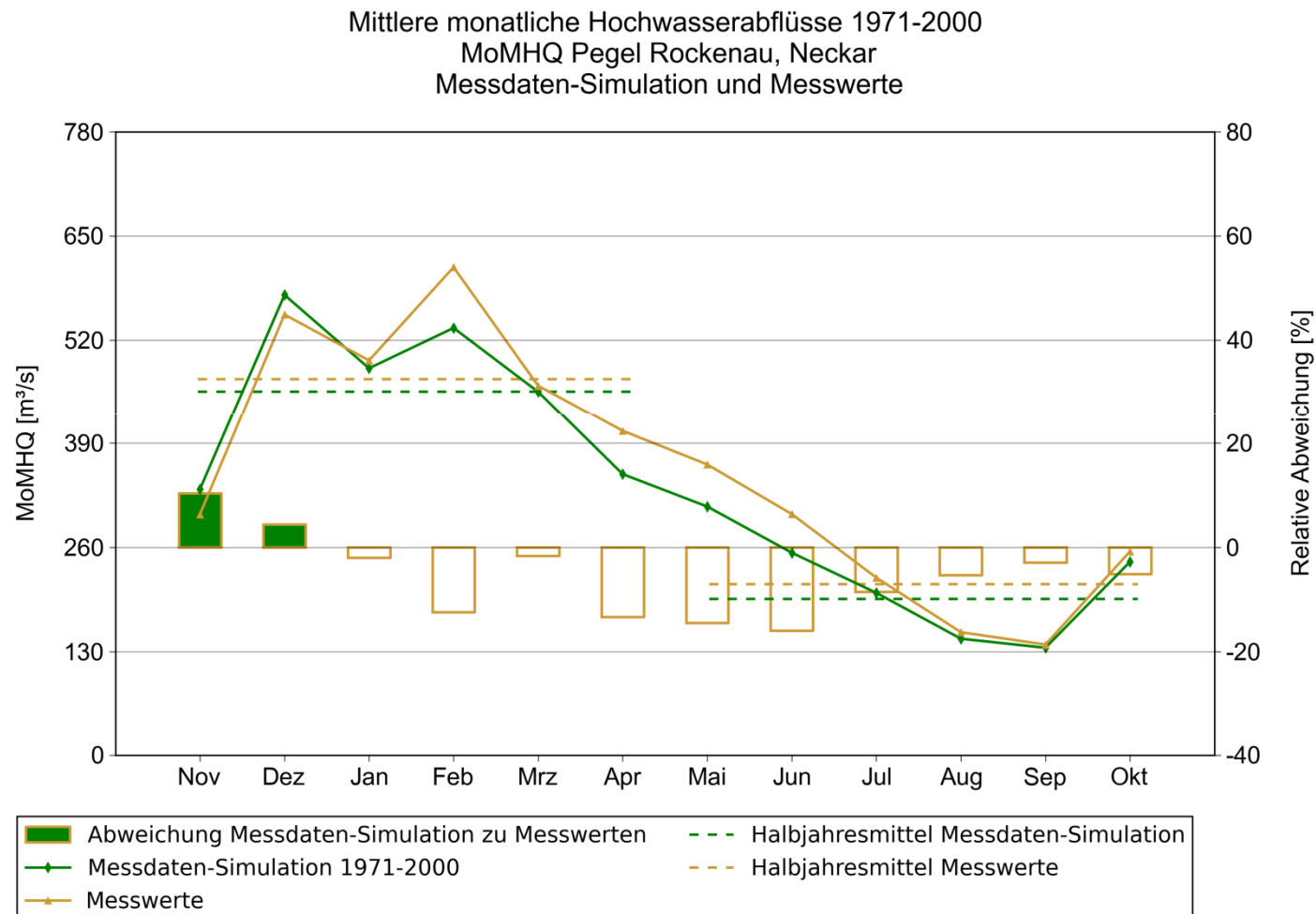
2.1 Simulationen mit Messdaten

- Überprüfung der Simulationsgüte der Wasserhaushaltsmodelle durch die Verwendung von meteorologischen Messdaten („Messdaten-Simulation“)
- Ist-Zustand 1971 bis 2000
- Messdaten (Tageswerte):
 - Niederschlag: HYRAS (1x1 km)
 - Temperatur: HYRAS (1x1 km)
 - Globalstrahlung, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Luftdruck: Stationsdaten
- Auswertung (statistisches Mittel über 30 Jahre):
 - Regimekurven
 - Dauerlinien

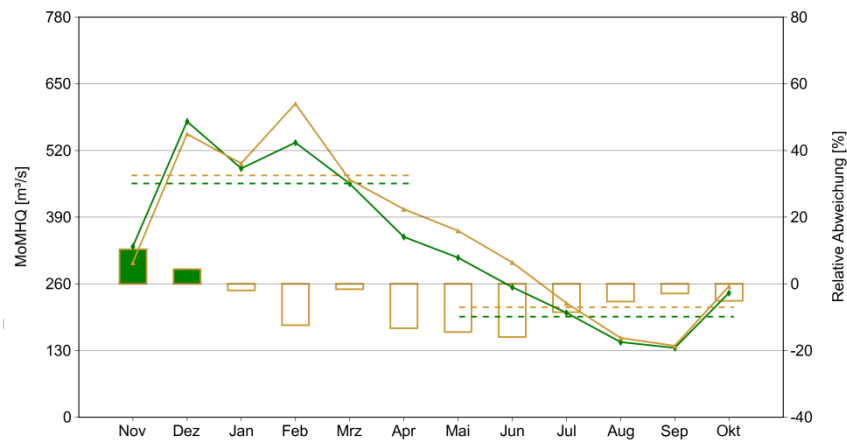
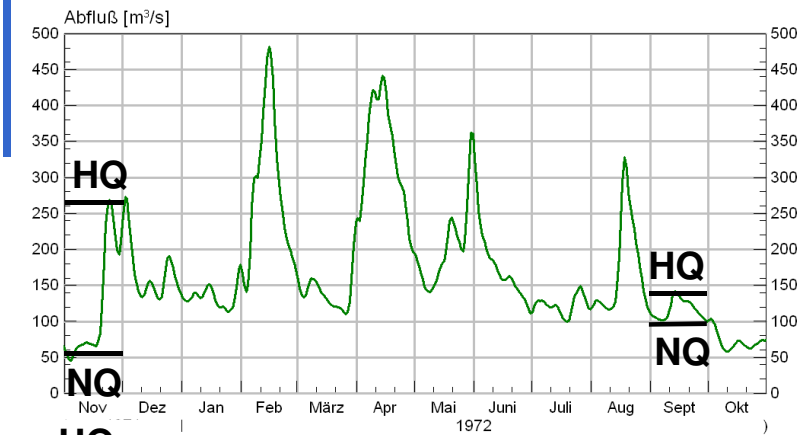
onen mit Messdaten



2.1 Simulationen mit Messdaten

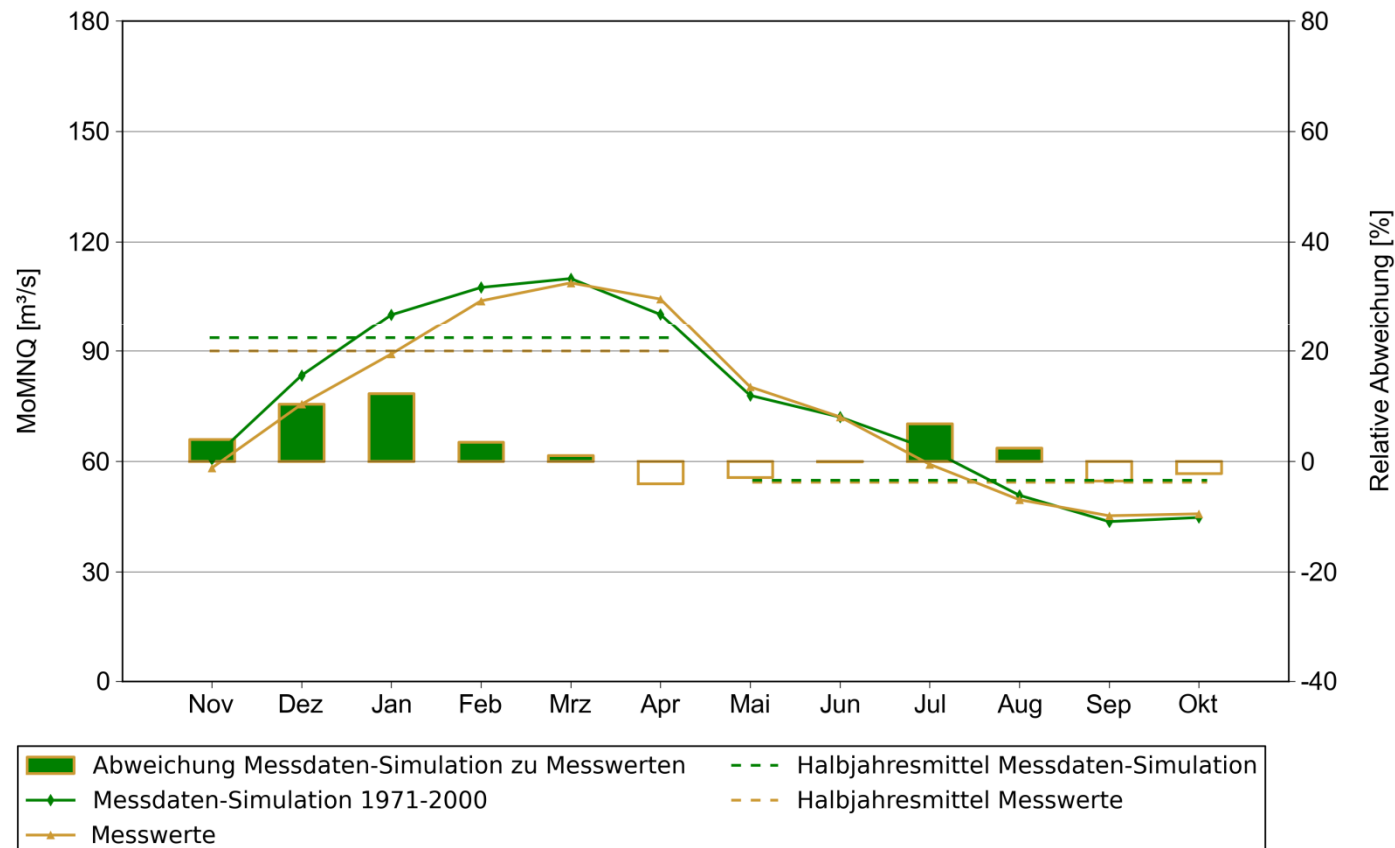


onen mit Messdaten

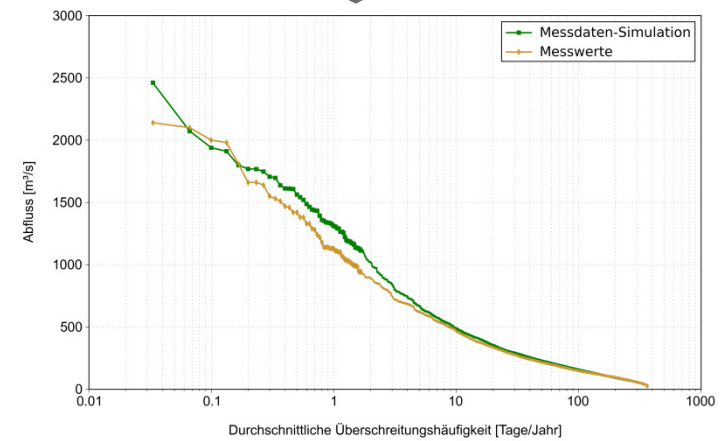
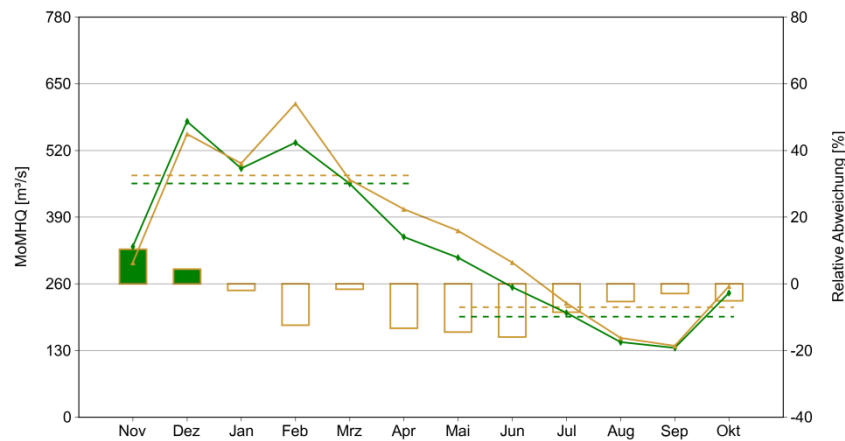
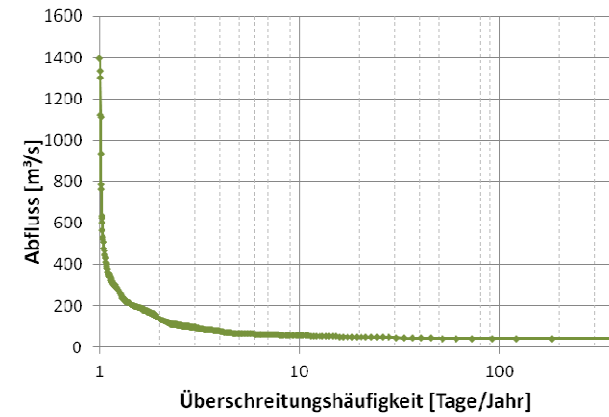
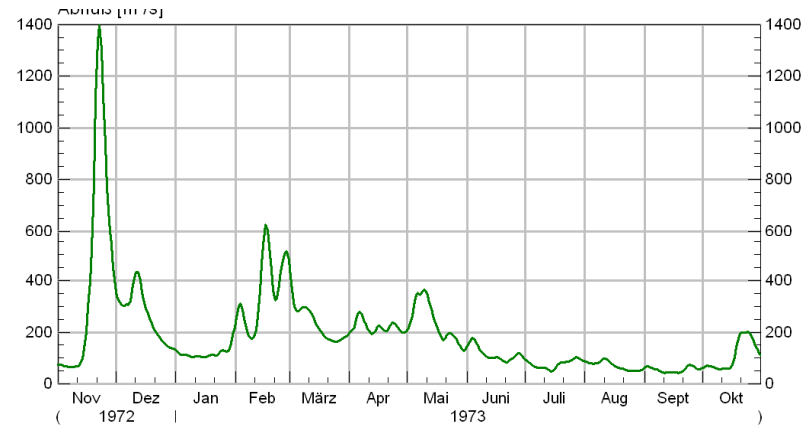
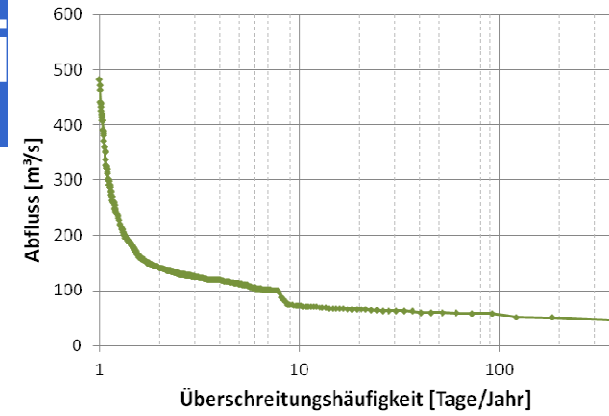
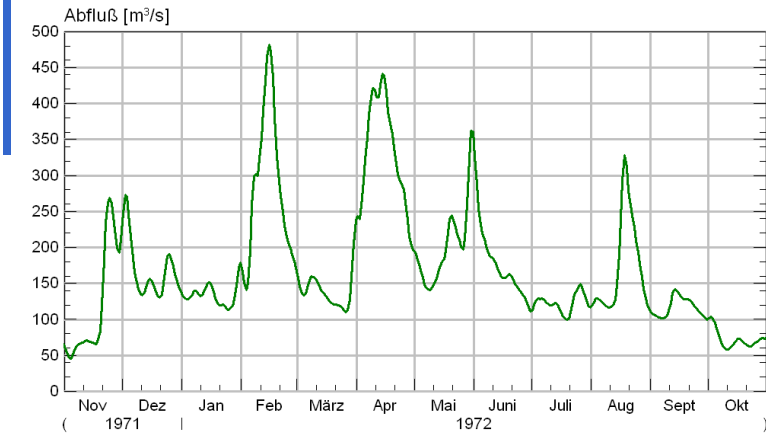


2.1 Simulationen mit Messdaten

Mittlere monatliche Niedrigwasserabflüsse 1971-2000
MoMNQ Pegel Rockenau, Neckar
Messdaten-Simulation und Messwerte

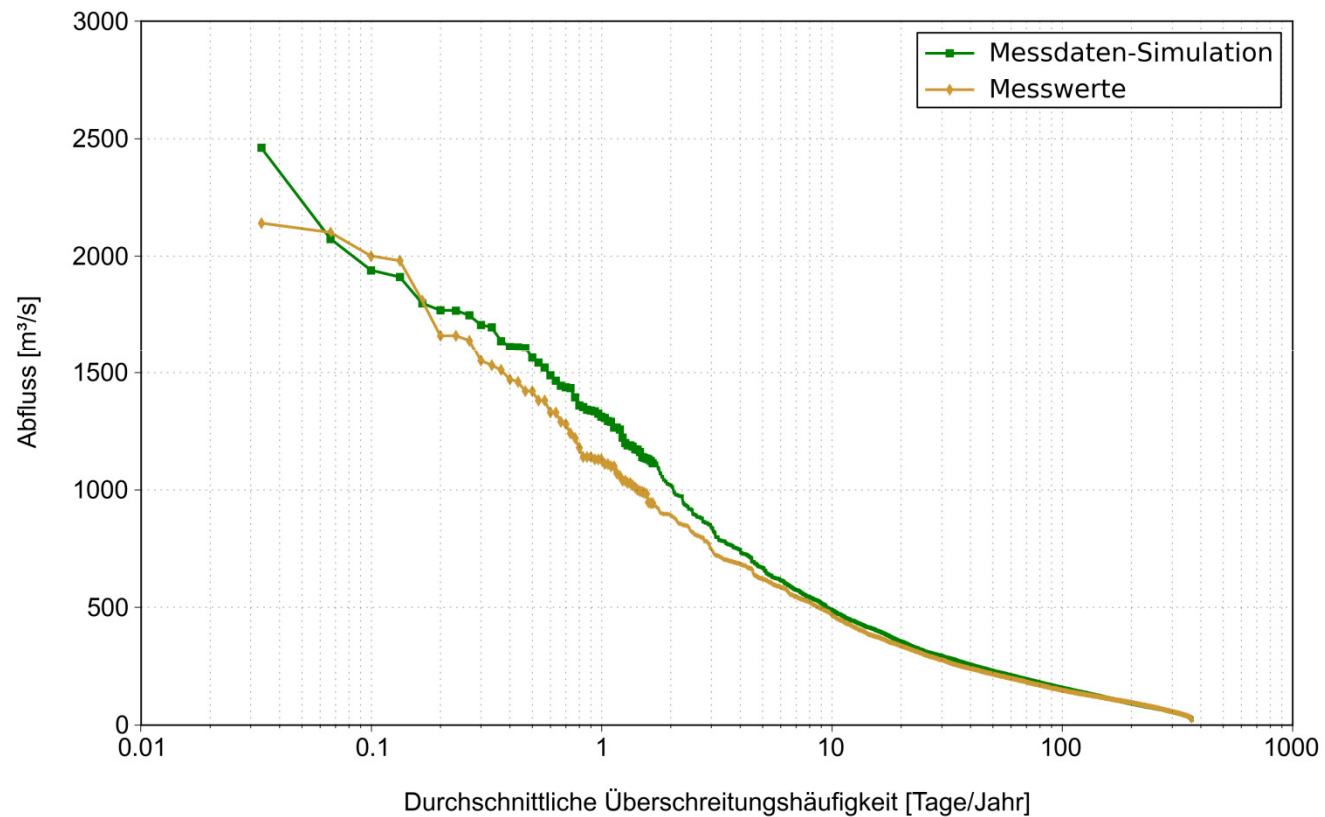


onen mi



2.1 Simulationen mit Messdaten

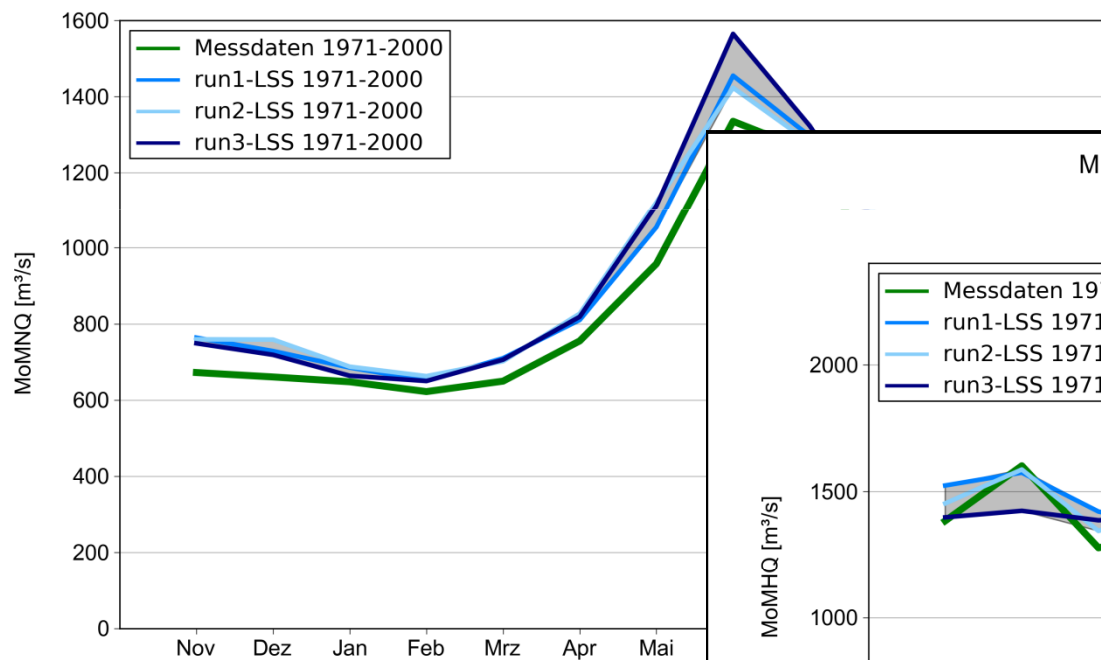
Dauerlinien für den Pegel Rockenau, Neckar
Simulation des Ist-Zustandes 1971-2000 Messdaten



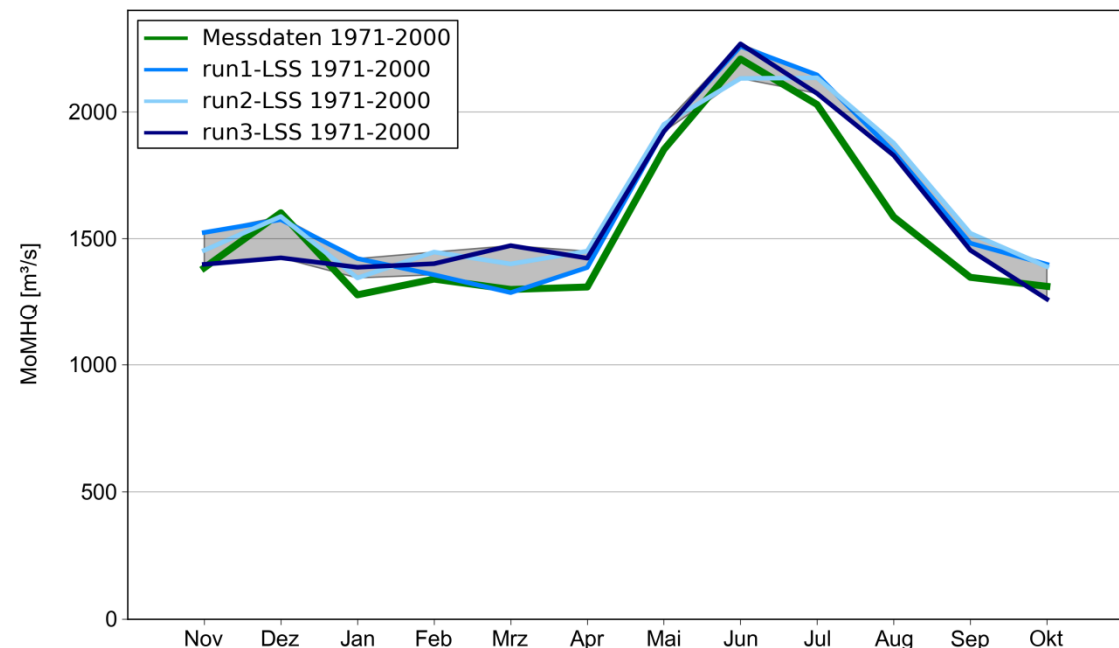
2.2 Simulationen mit Modelldaten Ist-Zustand

- Evaluierung der Güte der Klima-Projektionen durch die Simulation des Ist-Zustands
- Beispiel: COSMO-CLM Version 4.8 run1 mit Bias-Korrektur („*linear scaling*“ (lss) und „*quantile mapping*“ (qms) (Niederschlag, Temperatur)) sowie run2_lss und run3_lss:

Mittlere monatliche Niedrigwasserabflüsse 1971-2000
MoMnQ Pegel Basel, Rhein
CCLM-4.8-Daten und Messdaten-Simulation

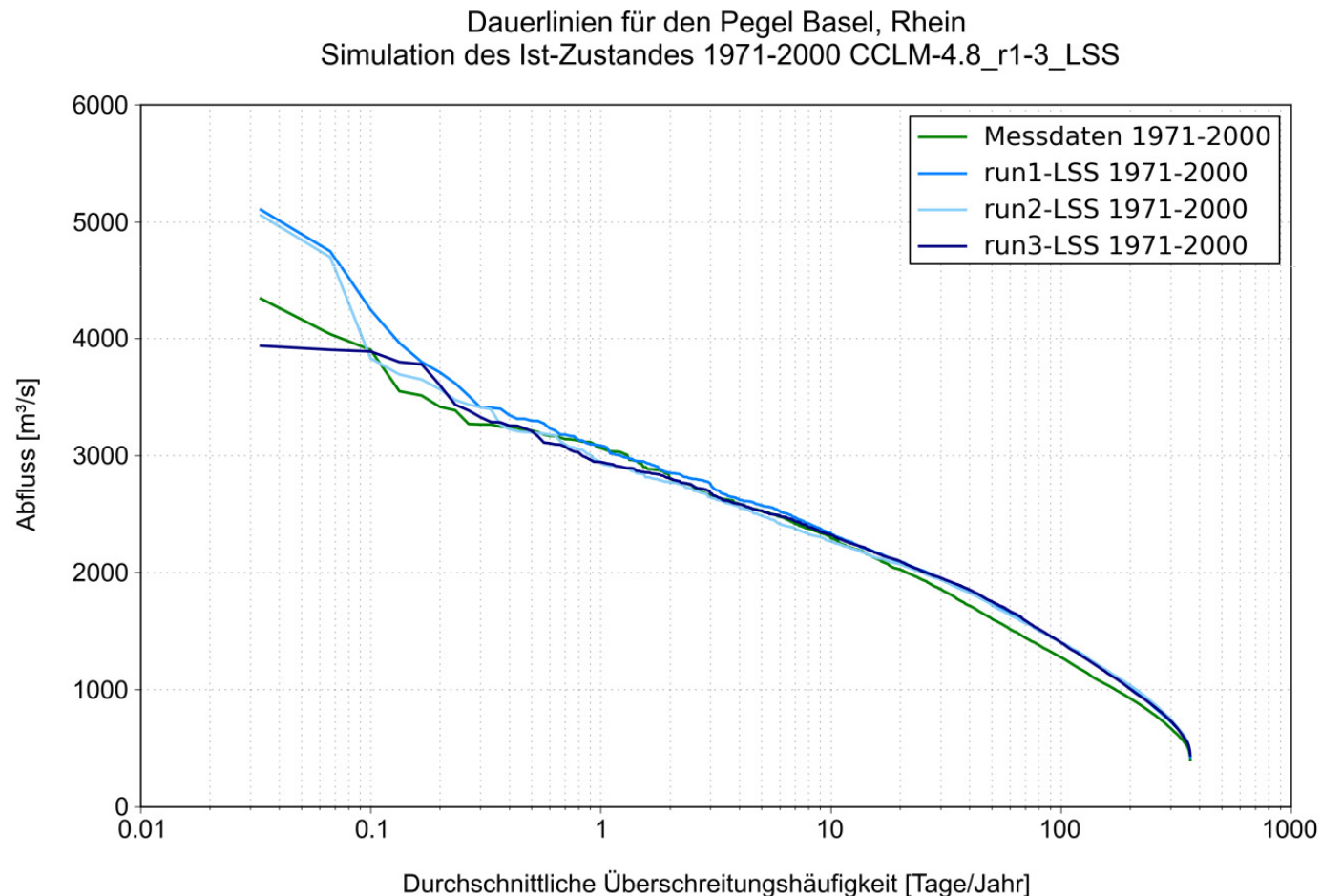


Mittlere monatliche Hochwasserabflüsse 1971-2000
MoMHQ Pegel Basel, Rhein
CCLM-4.8-Daten und Messdaten-Simulation



2.2 Simulationen mit Modelldaten Ist-Zustand

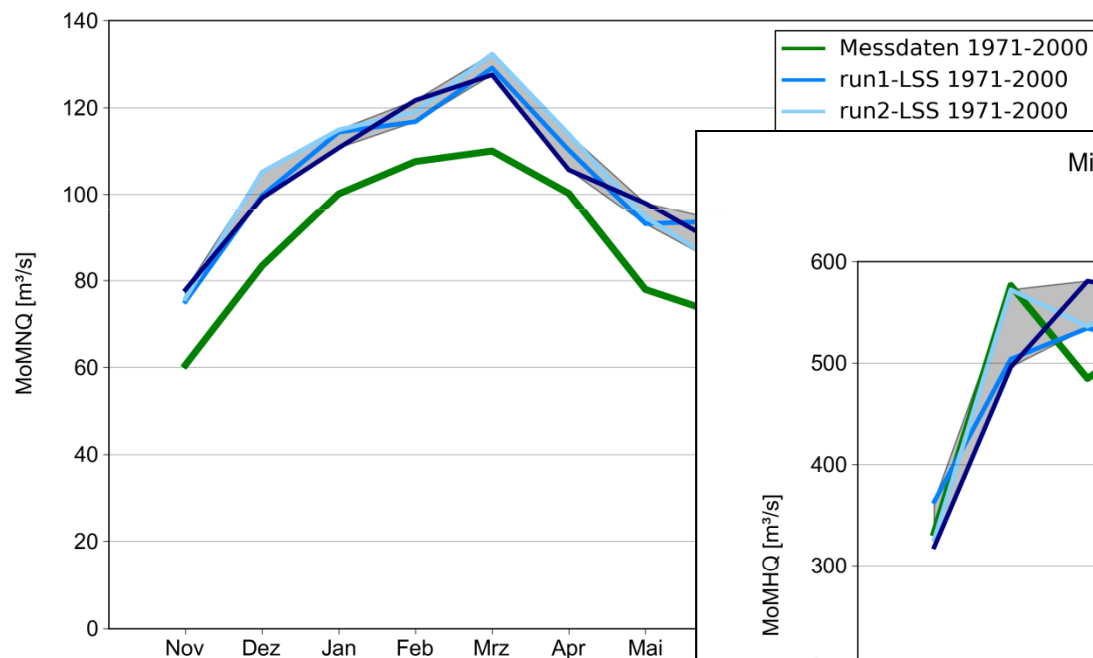
- Evaluierung der Güte der Klima-Projektionen durch die Simulation des Ist-Zustands
- Beispiel: COSMO-CLM Version 4.8 run1 mit Bias-Korrektur („*linear scaling*“ (lss) und „*quantile mapping*“ (qms) (Niederschlag, Temperatur)) sowie run2_lss und run3_lss:



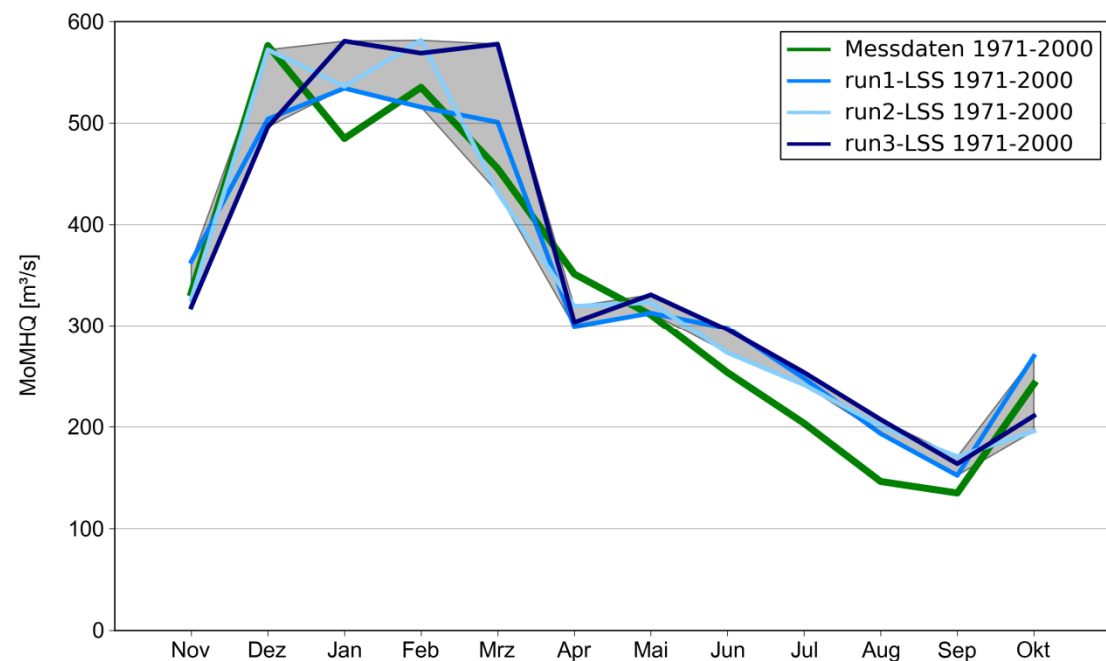
2.2 Simulationen mit Modelldaten Ist-Zustand

- Evaluierung der Güte der Klima-Projektionen durch die Simulation des Ist-Zustands
- Beispiel: COSMO-CLM Version 4.8 run1 mit Bias-Korrektur („*linear scaling*“ (lss) und „*quantile mapping*“ (qms) (Niederschlag, Temperatur)) sowie run2_lss und run3_lss:

Mittlere monatliche Niedrigwasserabflüsse 1971-2000
MoMnQ Pegel Rockenau, Neckar
CCLM-4.8-Daten und Messdaten-Simulation

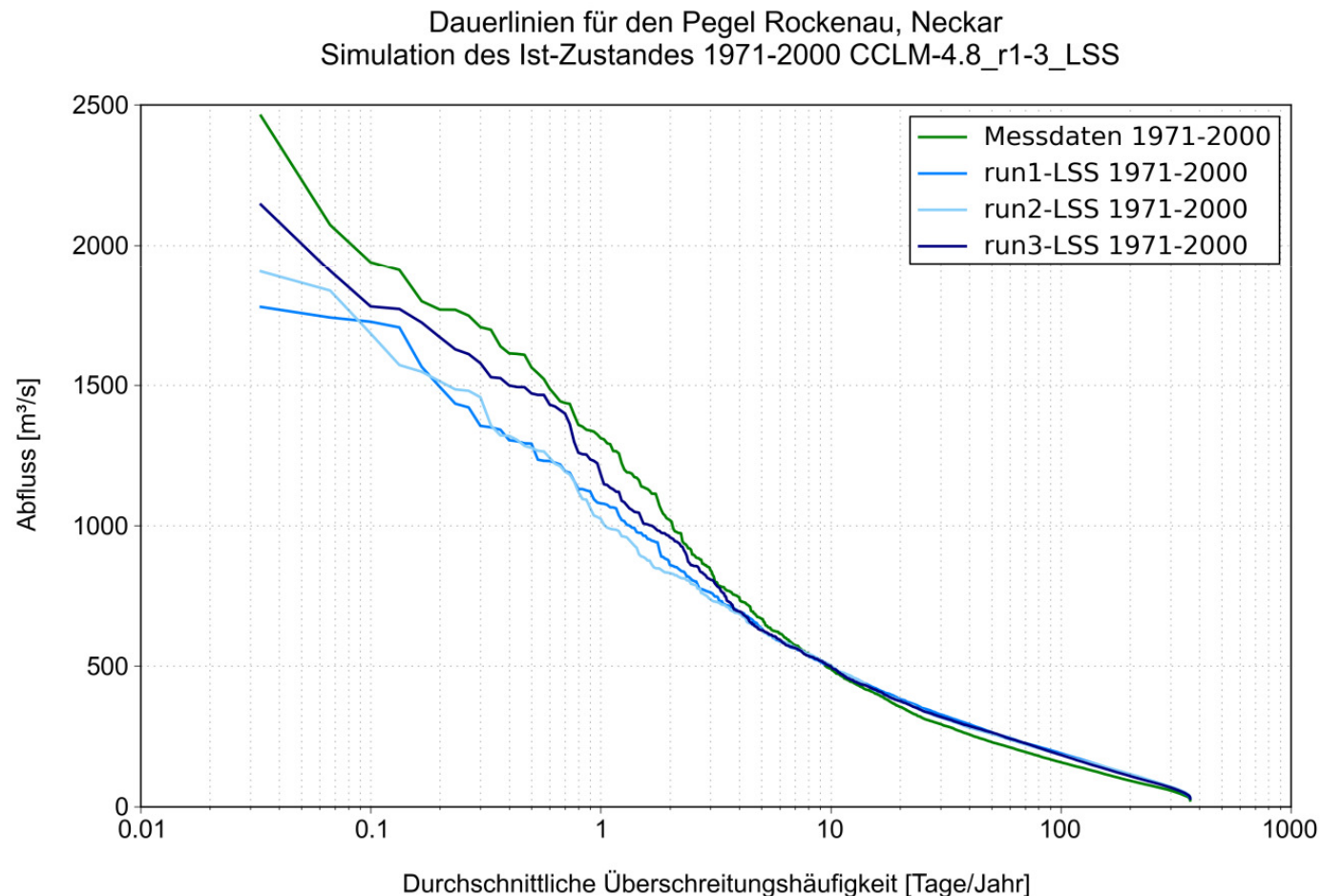


Mittlere monatliche Hochwasserabflüsse 1971-2000
MoMHQ Pegel Rockenau, Neckar
CCLM-4.8-Daten und Messdaten-Simulation



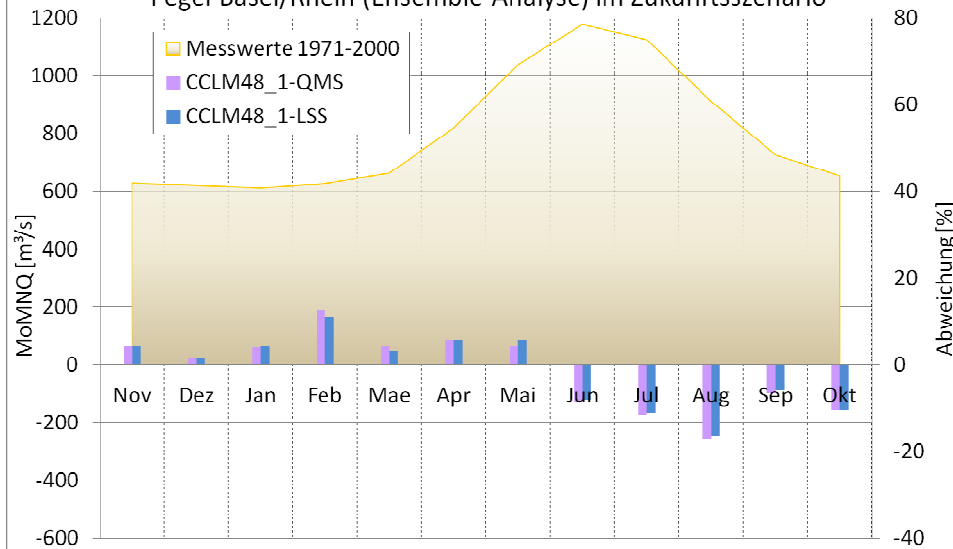
2.2 Simulationen mit Modelldaten Ist-Zustand

- Evaluierung der Güte der Klima-Projektionen durch die Simulation des Ist-Zustands
- Beispiel: COSMO-CLM Version 4.8 run1 mit Bias-Korrektur („*linear scaling*“ (lss) und „*quantile mapping*“ (qms) (Niederschlag, Temperatur)) sowie run2_lss und run3_lss:

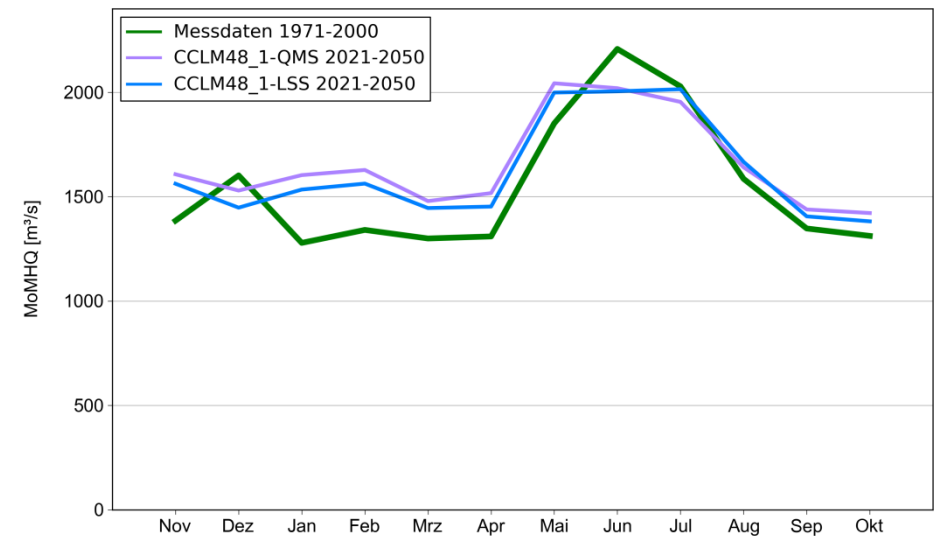
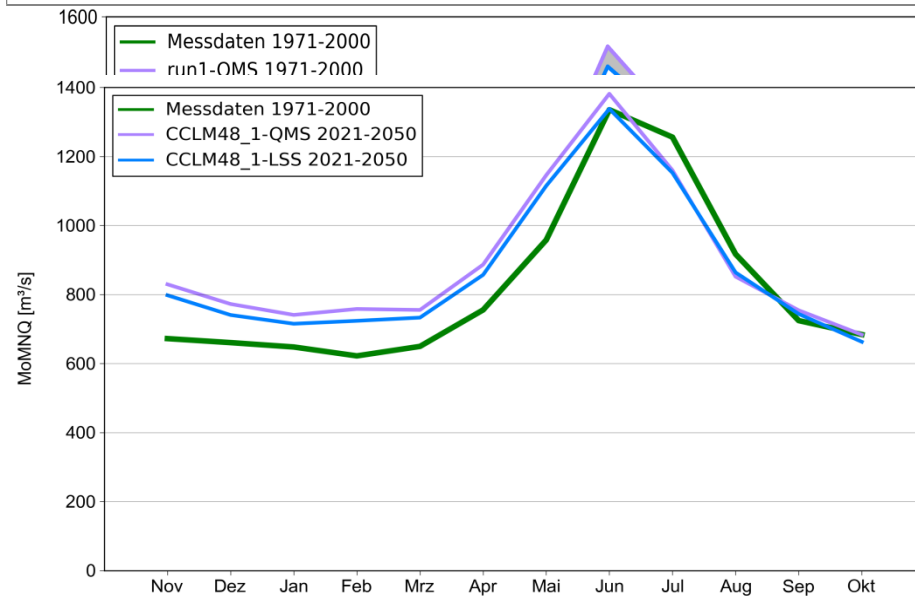
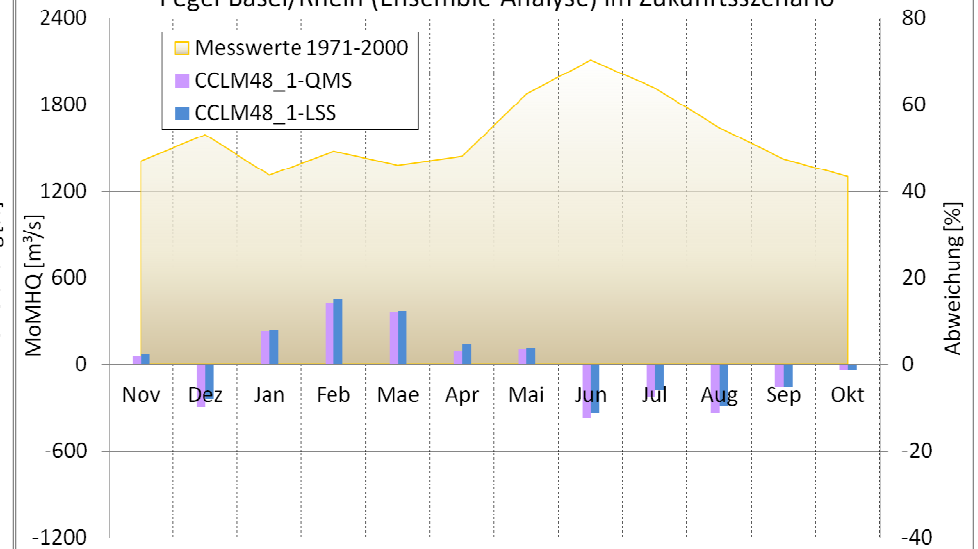


2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft

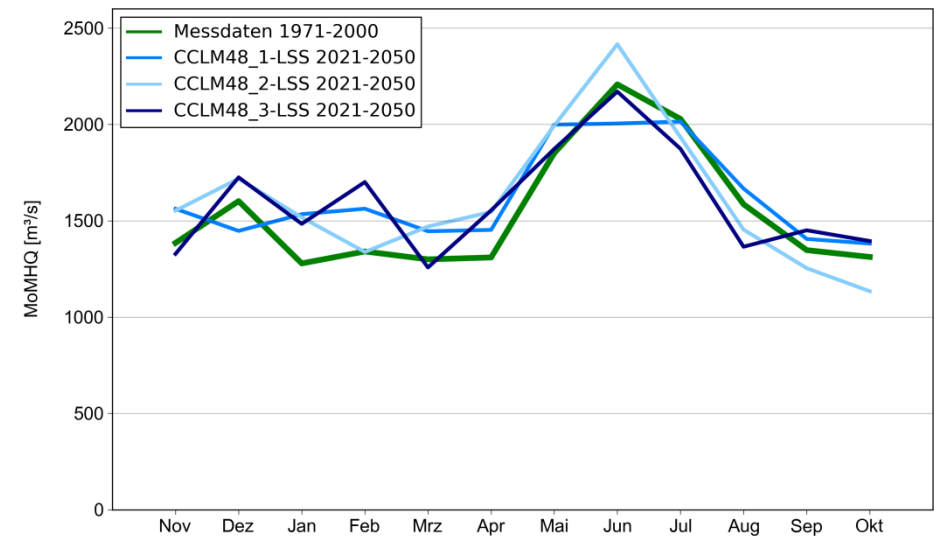
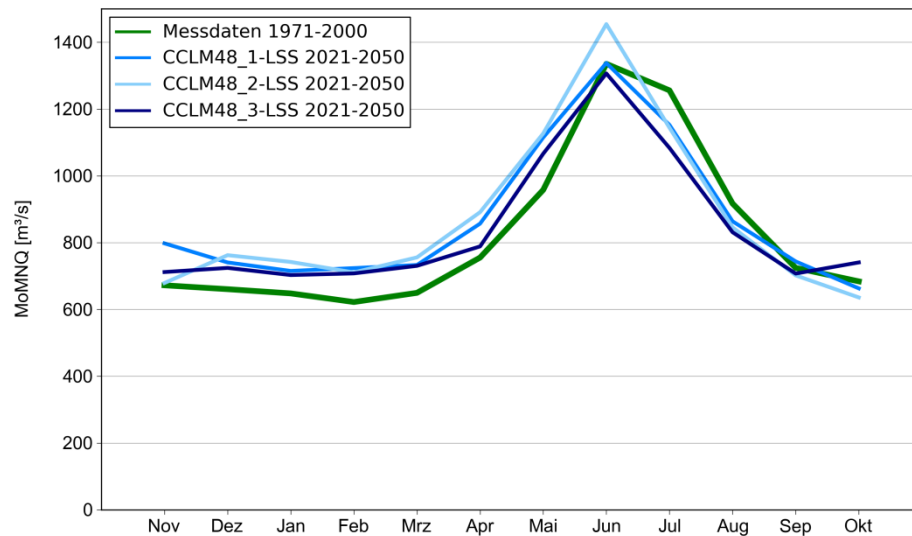
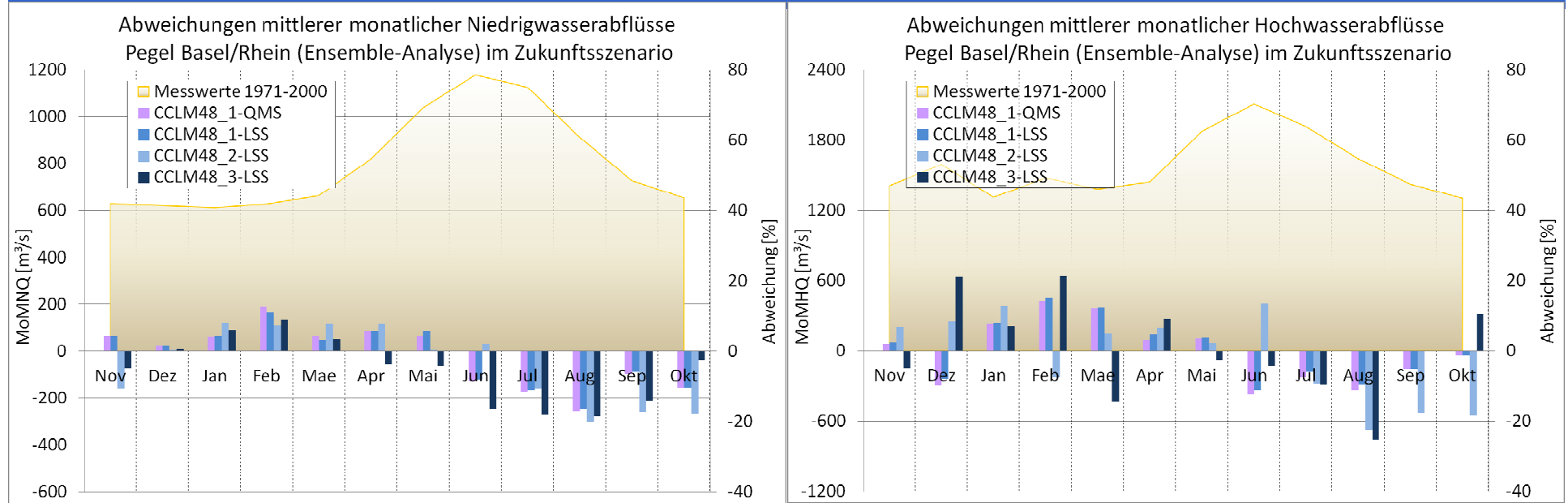
Abweichungen mittlerer monatlicher Niedrigwasserabflüsse
Pegel Basel/Rhein (Ensemble-Analyse) im Zukunftsszenario



Abweichungen mittlerer monatlicher Hochwasserabflüsse
Pegel Basel/Rhein (Ensemble-Analyse) im Zukunftsszenario

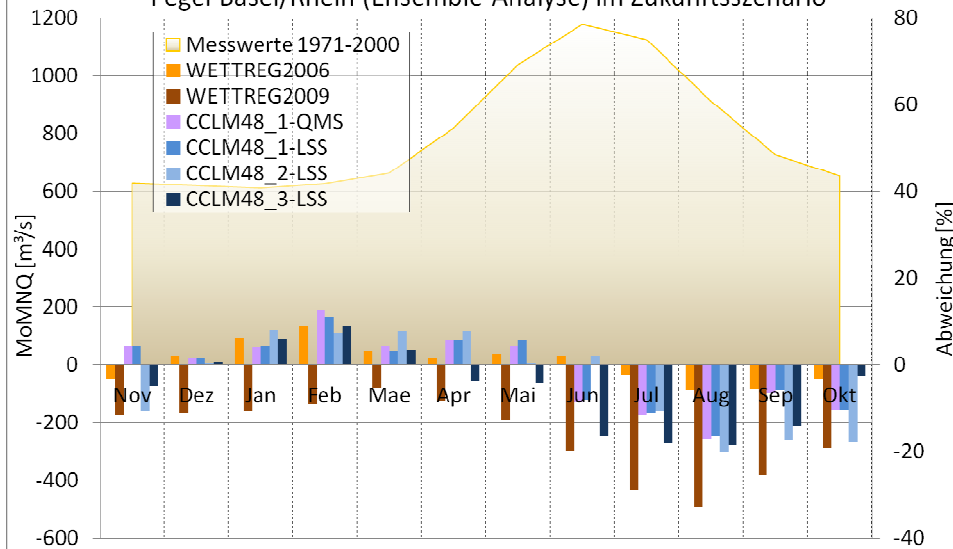


2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft

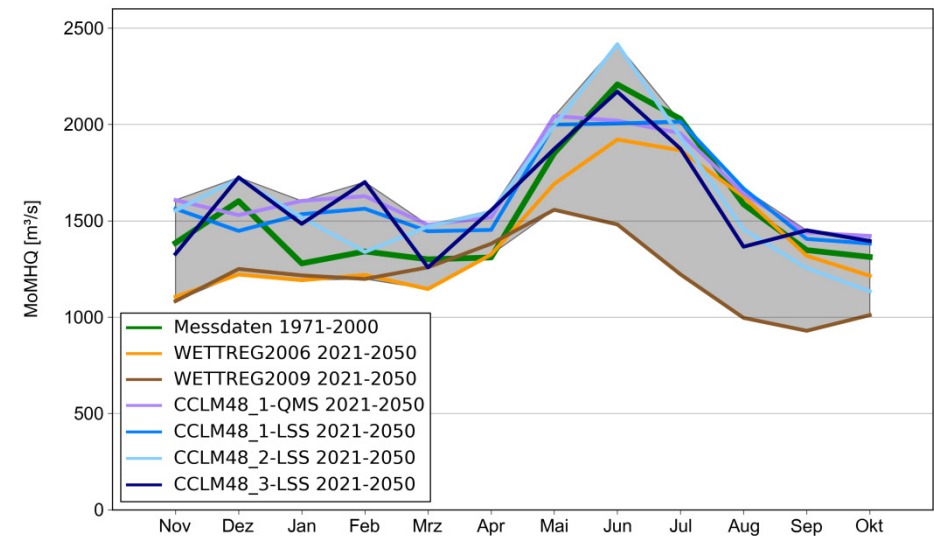
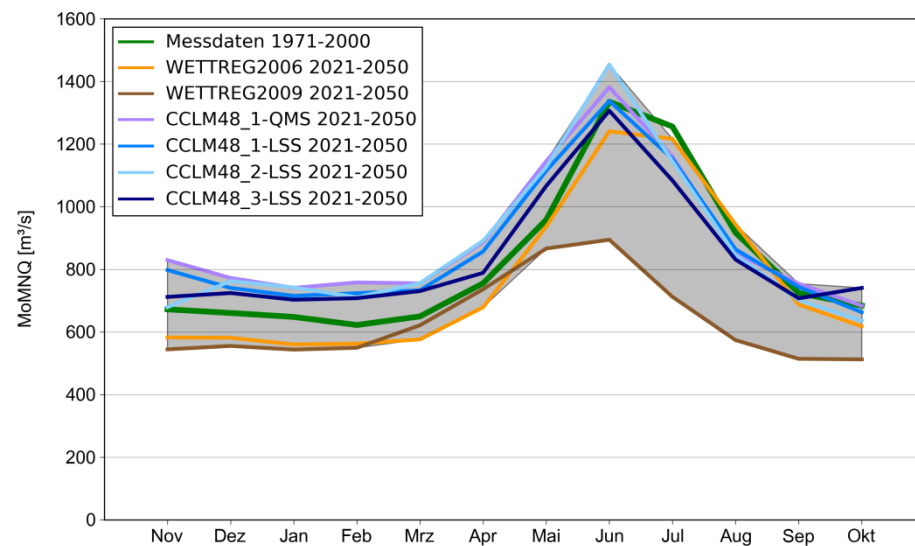
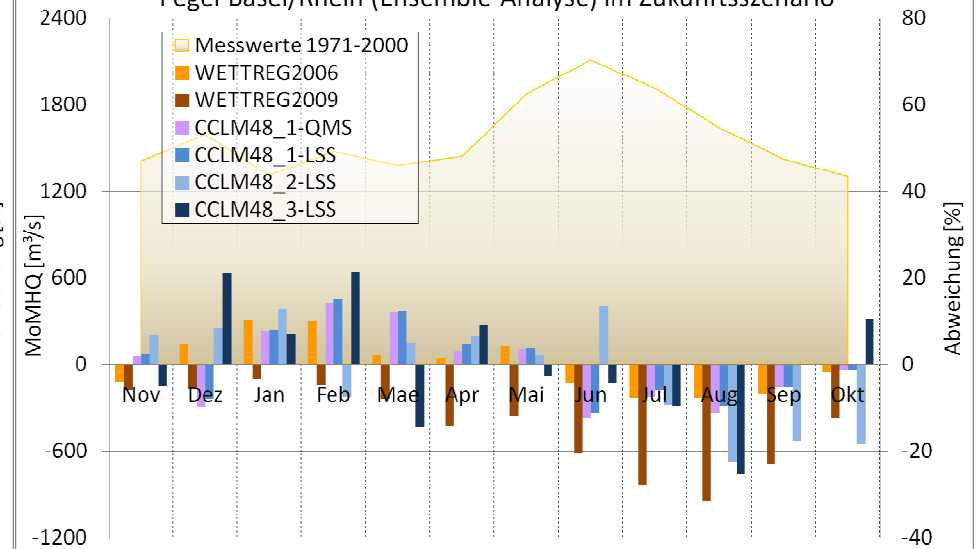


2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft

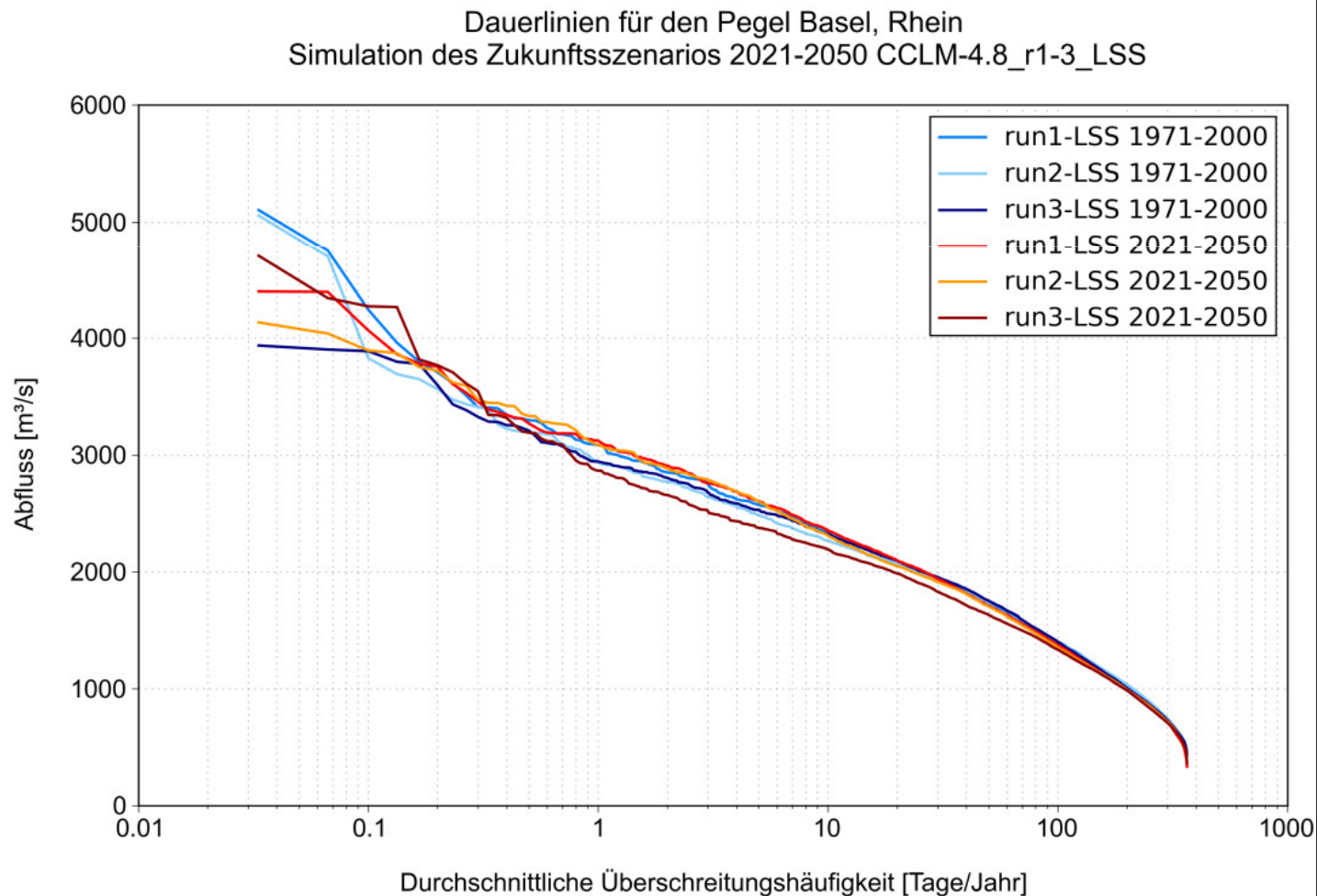
Abweichungen mittlerer monatlicher Niedrigwasserabflüsse
Pegel Basel/Rhein (Ensemble-Analyse) im Zukunftsszenario



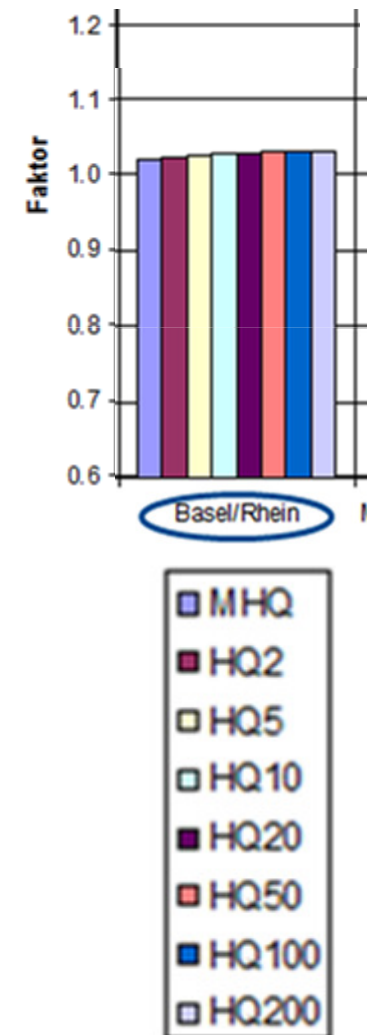
Abweichungen mittlerer monatlicher Hochwasserabflüsse
Pegel Basel/Rhein (Ensemble-Analyse) im Zukunftsszenario



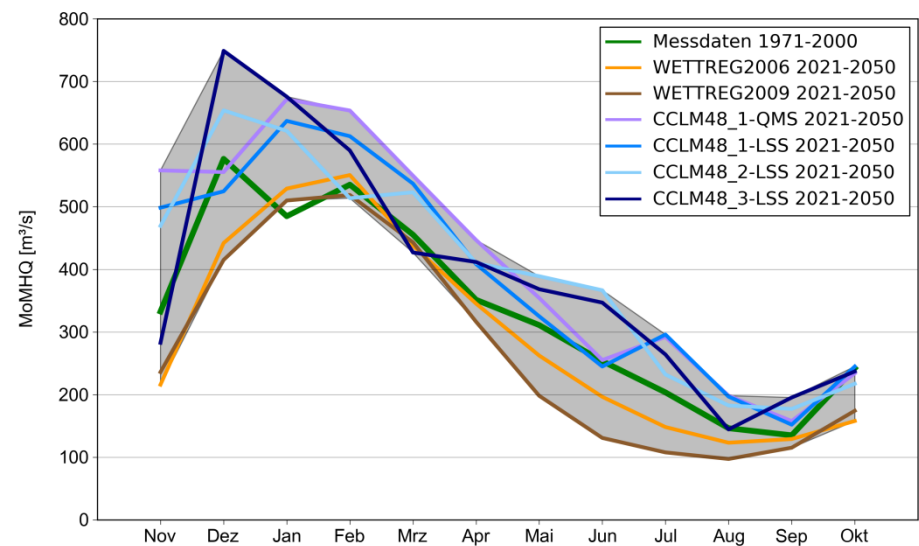
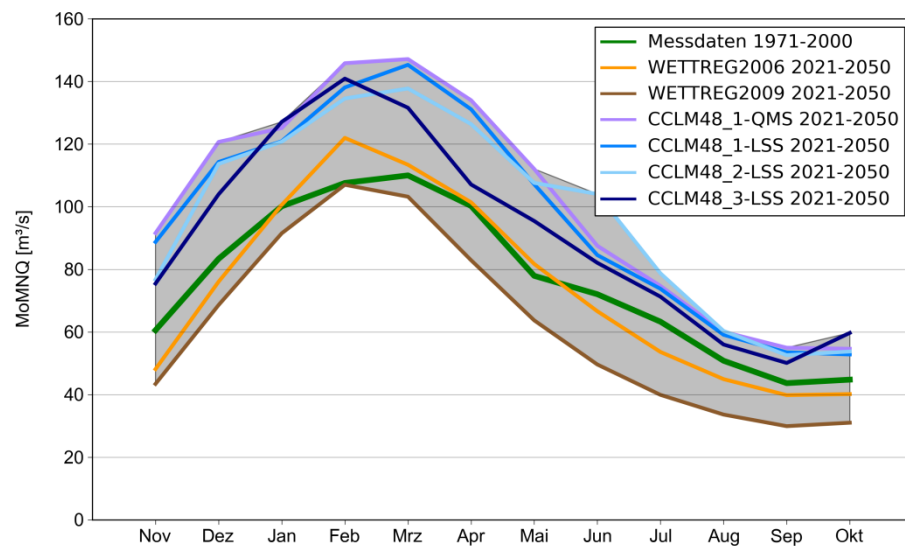
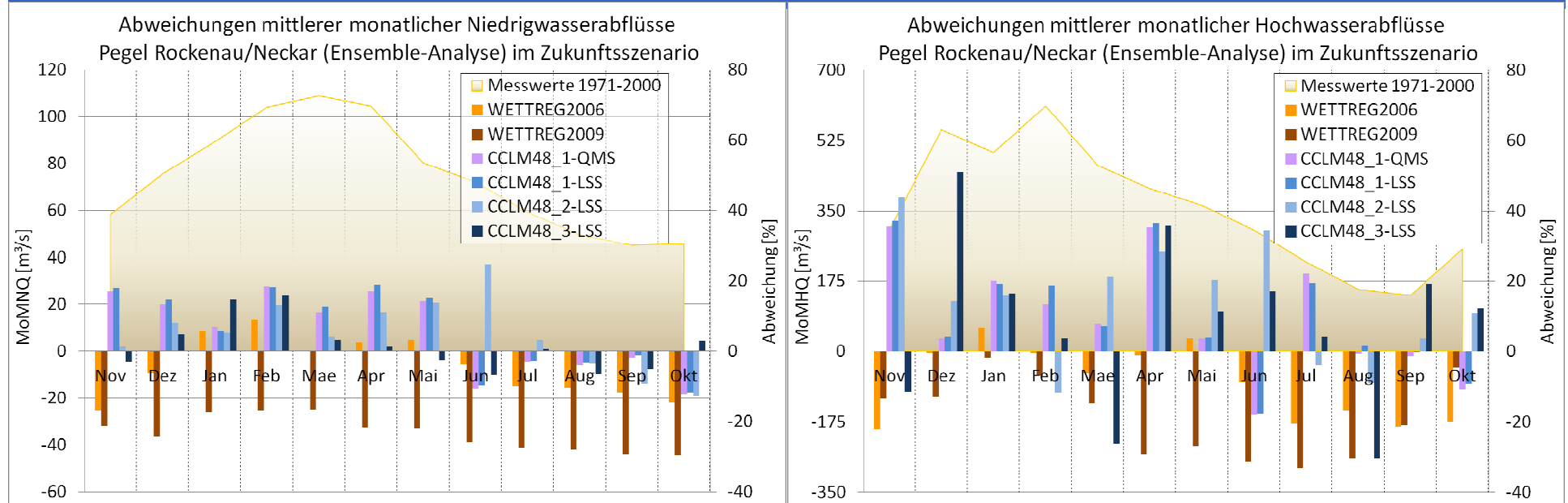
2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft



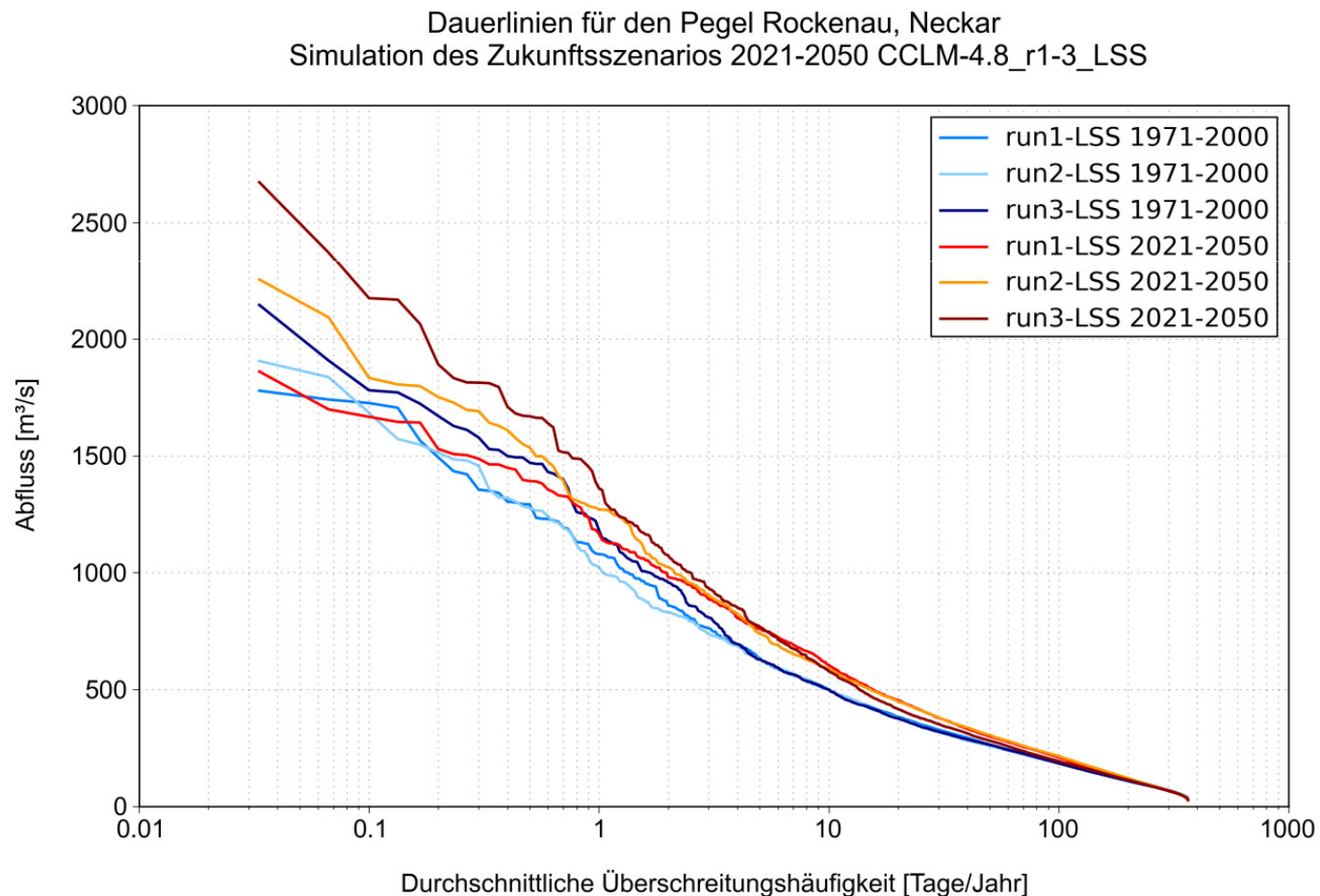
Zukunft/Ist-Zustand
HQ(Jahr)



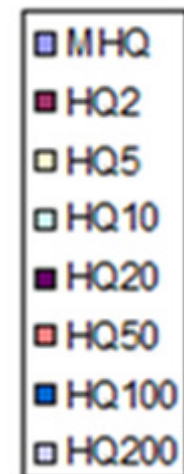
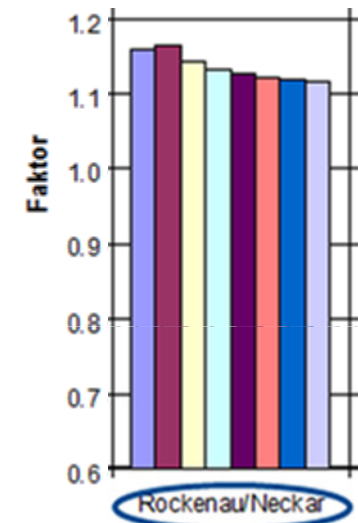
2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft



2.3 Simulationen mit Modelldaten Zukunft



Zukunft/Ist-Zustand
HQ(Jahr)



3. Zusammenfassung

- Anwendung der Modellkette Emissionsszenario → Globalmodell → Regionalmodell → (Bias-Korrektur) → Regionalisierung → Wasserhaushaltsmodell
- Globalmodell ECHAM5 mit Emissionsszenario A1B:
 - Drei Realisierungen (runs) zur Beschreibung der natürlichen Variabilität.
 - Unterschiede der Abflüsse zwischen den Realisierungen, aber zeitlicher Verlauf des Klimasignals für den Abfluss vergleichbar (mit Regionalmodell COSMO-CLM 4.8).
→ **Berücksichtigung der natürlichen Variabilität durch Anfangswert-Ensemble**
- Regionalmodelle:
 - Statistisches Modell WETTREG 2006, 2009/2010. Tendenziell sehr geringe Abflüsse.
 - Dynamisches Modell COSMO-CLM gute Wiedergabe der Abflüsse des Ist-Zustands 1971-2000 (bereits ohne Bias-Korrektur).
→ **Auswahl eines qualifizierten Ensembles für die Wasserwirtschaft**

3. Zusammenfassung

- Bias-Korrektur:
 - Vergleich der Auswirkung der Bias-Korrekturverfahren „quantile mapping“ und „linear scaling“ bei COSMO-CLM-Modell (Niederschlag und Temperatur).
 - „Quantile mapping“ führt zu etwas höheren Abflüssen im Vergleich zu „linear scaling“.
 - **Insgesamt geringe Unterschiede, insbesondere im Klimasignal**
- Wasserhaushaltsmodelle LARSIM und WaSiM-ETH:
 - Tageswerte, 1x1 km-Auflösung
 - Kontrolle durch Simulation mit meteorologischen Messdaten/HYRAS-Daten und Vergleich mit Messwerten
 - **Bewährte Programme**
- Simulation des Ist-Zustands 1971 bis 2000 mit COSMO-CLM-Klimaprojektion und Wasserhaushaltsmodellen:
 - Tendenziell Überschätzung der Abflüsse (hohe rel. Luftfeuchte)
 - **Regimekurven und Dauerlinien der Messdaten-Simulation werden gut wiedergegeben**

3. Zusammenfassung

- Simulation des Zukunftsszenarios 2021 bis 2050 im Vergleich zum Ist-Zustand mit Klimaprojektionen und Wasserhaushaltsmodellen:
 - **Pegel mit pluvialem Regime** (Bsp. Pegel Rockenau):
 - Zunahmen der MoMHQ-Werte im Winterhalbjahr, Abnahmen der MoMNQ-Werte im Sommer-Halbjahr des Zukunftsszenarios.
 - Dauerlinie zeigt Erhöhung der mittleren und hohen Abflüsse.
 - **Abflussextreme nehmen zu**
 - **Pegel mit nivalem Regime** (Bsp. Pegel Basel):
 - Regimekurve zeigt weniger Unterschiede zwischen Winter- und Sommer-Halbjahr im Zukunftsszenario.
 - Hohe Abflusswerte der Dauerlinie kaum verändert.
 - **Geringe Veränderung der Abflussextreme**

3. Zusammenfassung



Krahe 2009

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Verwendete Unterlagen

- SERC (2012): http://serc.carleton.edu/images/eet/envisioningclimatechange/gcm_grid_graphic.jpg
- Tomassini L. & Bülow K. (2009): Vergleichende Analysen regionaler Klimamodelle.
http://www.kliwas.de/nn_526110/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/01_statuskonferenz/2009_03_19_b4_TomassiniBuelow,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2009_03_19_b4_TomassiniBuelow.pdf
- Kreienkamp F., Spekat A. & Enke W. (2011): Ergebnisse regionaler Szenarienläufe für Deutschland mit der statistischen Methode WETTREG auf der Basis der SRES Szenarios A2 und B1 modelliert mit ECHAM5/MPI-OM. http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/csc_report2.pdf
- Panitz H.-J., Feldmann H., Berg P. & Schädler G. (2011): Bereitstellung von am KIT berechneten CCLM-Antriebsdaten, Version 4.8, für Abflußmodelle . Interner Projektbericht.
- NKGCF (2010): Regionale Klimamodelle - Potentiale, Grenzen und Perspektiven -. Nationales Komitee für Global Change Forschung. http://www.nkgcf.org/files/aktuelledownloads/Regionale_Klimamodelle_low.pdf
- HSG (2012): Internet-Seite des Climate Service Centers.
http://www.hzg.de/science_and_industrie/klimaberatung/csc_web/011581/index_0011581.html.de
- Fuchs R. (2011): Empirical-Statistical Post-Processing of Radiation and Humidity Parameters in Regional Climate Simulations. -Wegener Center Verlag • Graz, Austria
- Krahe P. (2009): Von der Klimaprojektion zum hydrologischen Szenario: Methodische Aspekte.
http://www.kliwas.de/nn_526110/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/01_statuskonferenz/2009_03_19_b4_Krahe,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/2009_03_19_b4_Krahe.pdf