

Forschungsvorhaben

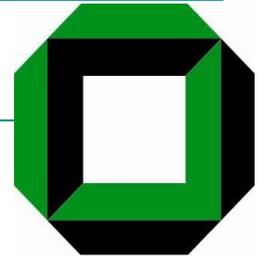
„Herausforderung Klimawandel“

Analysen und Evaluierung der Niederschlagsprognosen regionaler Klimamodelle für Baden-Württemberg (Projekt: ReSiPrec)

*Hendrik Feldmann, Barbara Früh, Hans Jürgen Panitz
und Gerd Schädler*

10. Oktober 2007



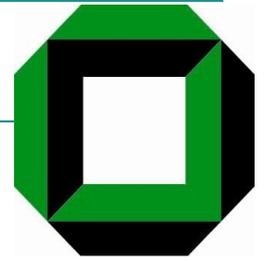


Welche Änderungen sind in den nächsten Jahrzehnten beim Auftreten von Starkniederschlagsereignissen zu erwarten?

bzgl:

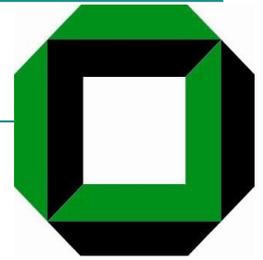
- Häufigkeit
- Intensität
- regionaler Verteilung

Untersuchungen auf der Basis hoch aufgelöster regionaler Klimasimulationen



- (1) Warum regionale Modelle (und welche)?
- (2) Wie gut sind ihre Ergebnisse?
 - klimatologische Evaluierung Kontrollzeitraum
- (3) Welche (vorläufigen) Aussagen lassen sich zur künftigen Entwicklung der Niederschläge treffen
 - Analyse Zukunftsszenario

Verwendete Modelle und Beobachtungen



REMO-UBA Simulation

MPI-HH

Auflösung: 0.088° ($\approx 10\text{km}$)

<http://cera-www.dkrz.de>

CLM Konsortialläufe

BTU Cottbus, GKSS

Auflösung: 0.165° ($\approx 18\text{km}$)

Antrieb: ECHAM 5

climate.de

www.gkss.de/

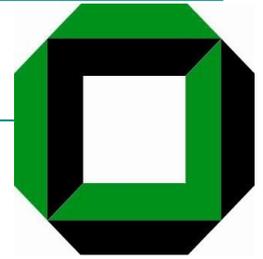
Tägliche Niederschlagsmessungen:

- Messnetz des DWD interpoliert unter Verwendung von

Klimatologischen Beobachtungen:

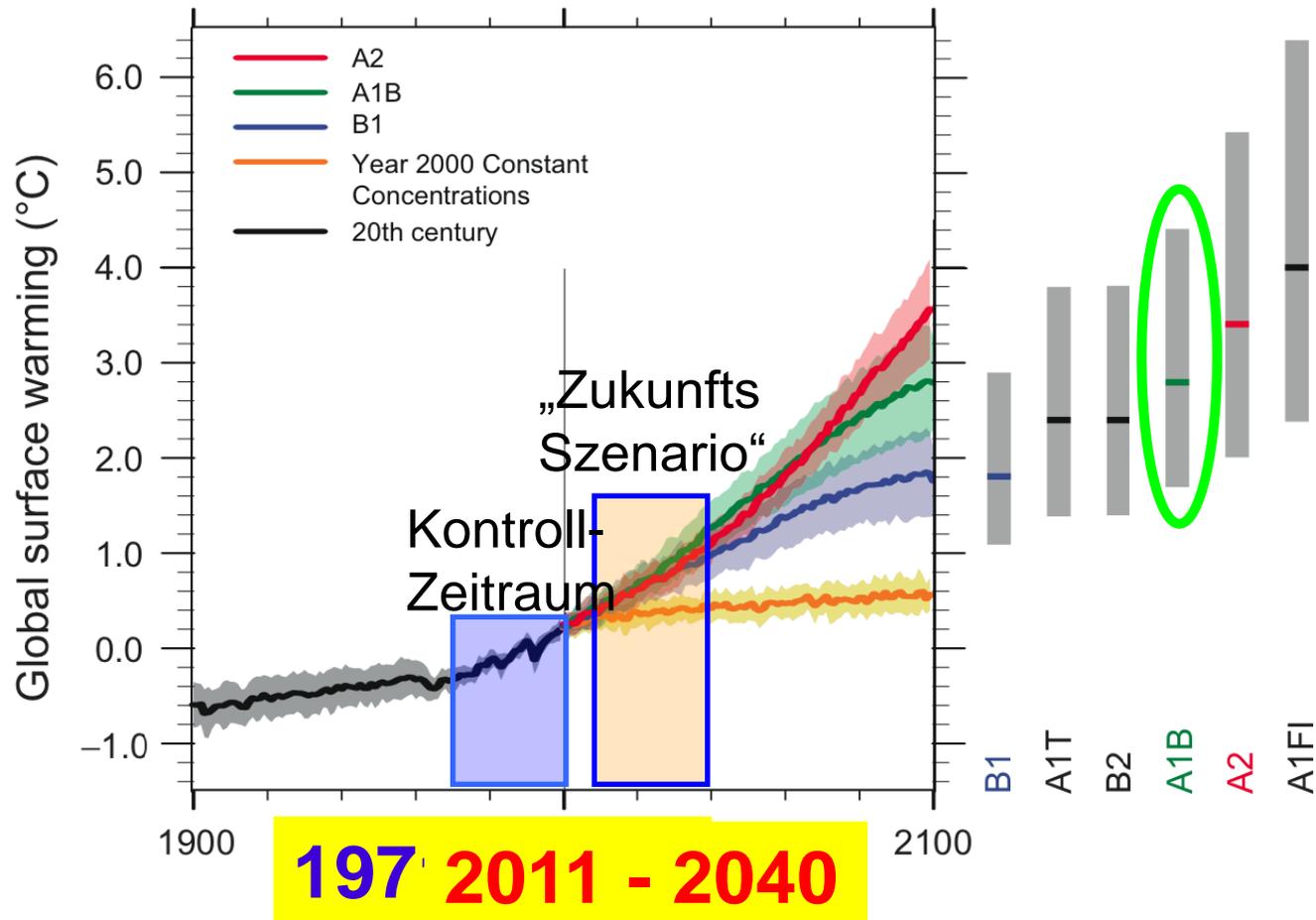
- DWD-Klimatologie für Deutschland und
- ETH Zürich Klimatologie für den gesamten Alpenraum.

Klimaszenarien und Untersuchungszeiträume

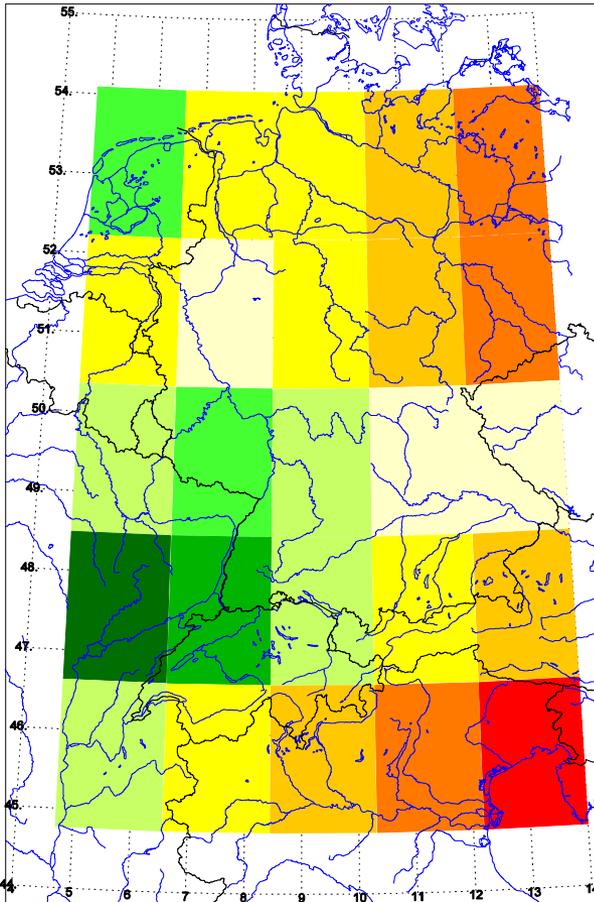
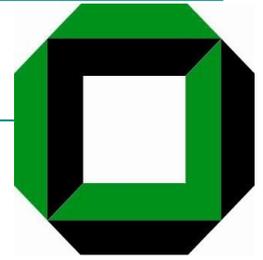


IPCC Szenarien

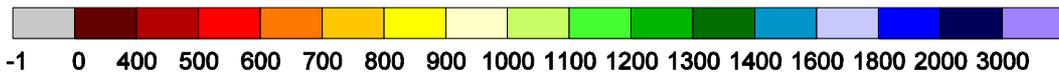
Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming



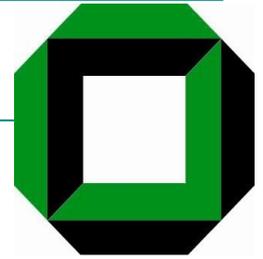
Wie sehen globale Klimamodelle Deutschland?



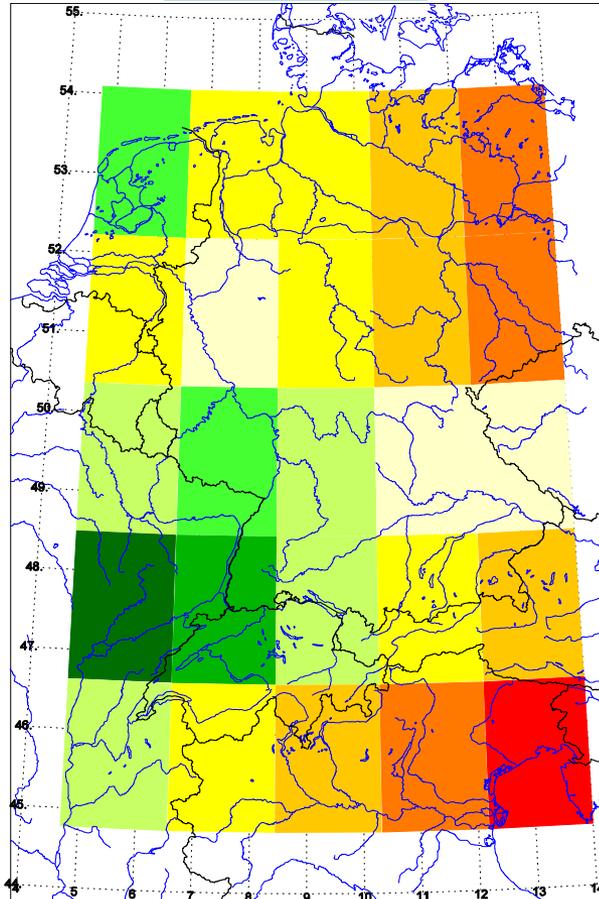
ECHAM5 IPCC Szenario:
„Klima 20. Jahrhundert“
Mittlerer Jahresniederschlag [mm]
1971-2000



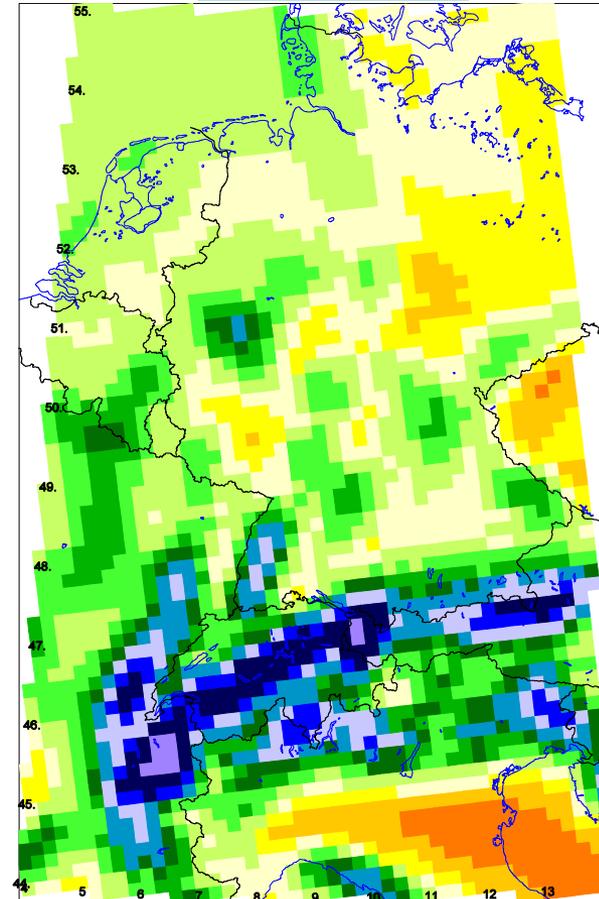
Auflösung global/regional Jahresniederschlag



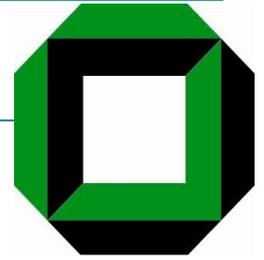
ECHAM5



CLM

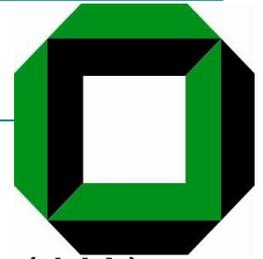


Wann und wo führen regionale Modelle ein Eigenleben? Wann dominiert der globale Antrieb?

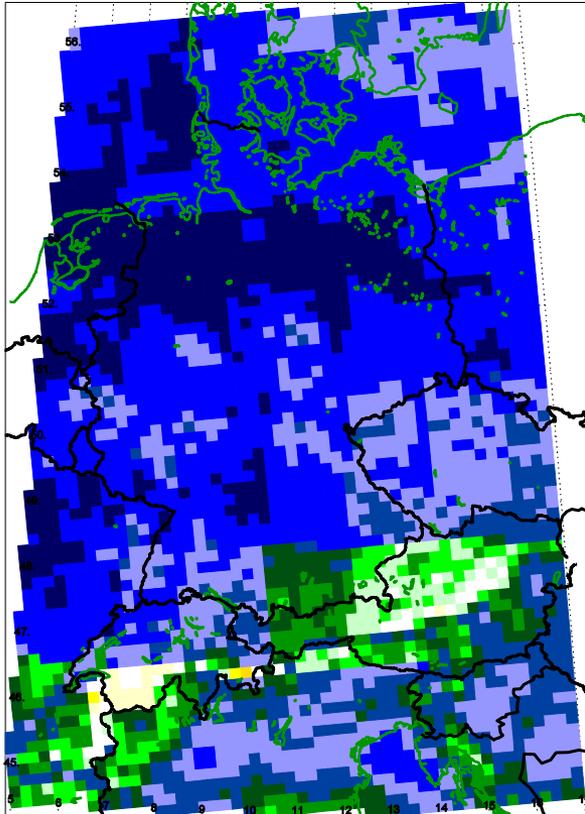


- Zwischen jedem CLM und dem zugehörigen ECHAM5 Gitterpunkt wird die zeitliche Korrelation berechnet
- Basis Monatssummen des Niederschlags

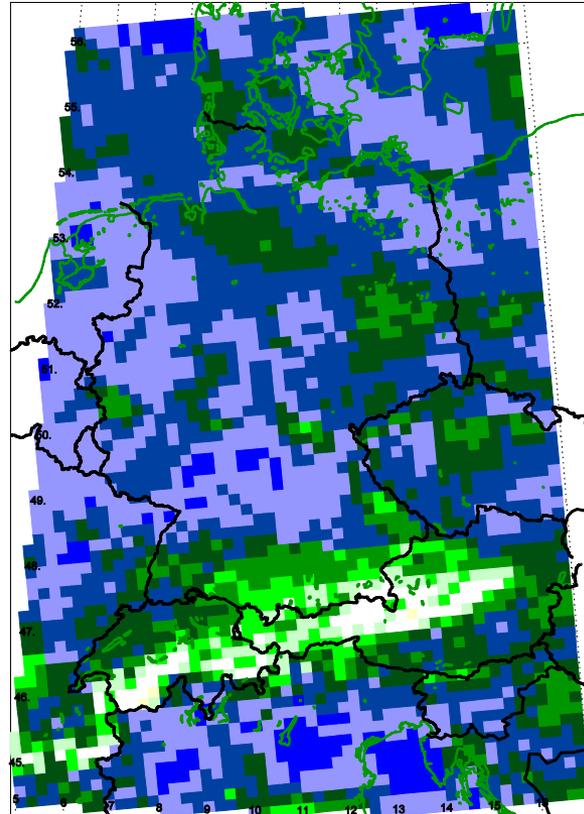
Großskalige zu lokalen Prozesse / Abhängigkeit von den globalen Modellen



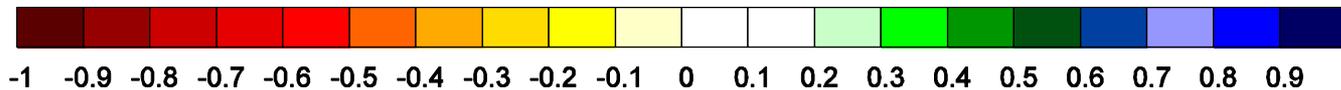
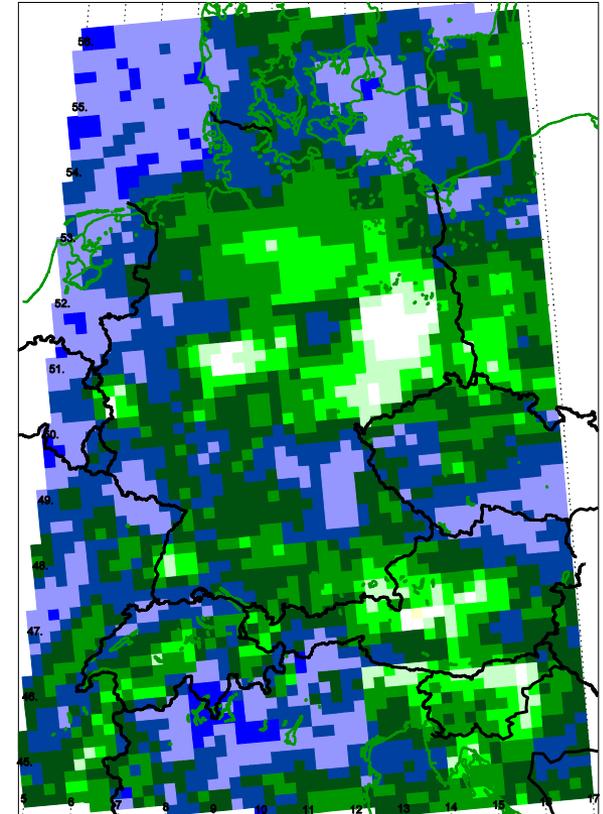
Winter (DJF)



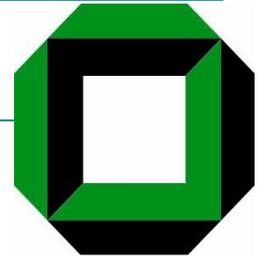
Jahreswerte



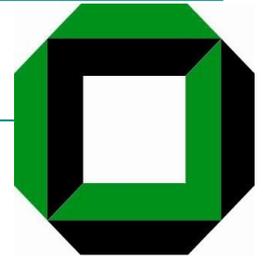
Sommer (JJA)



Zeitliche Korrelation zwischen CLM und ECHAM5



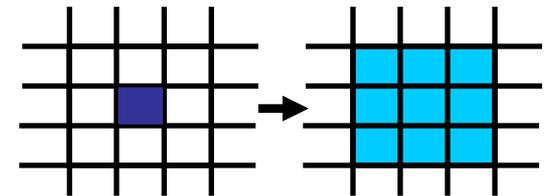
Evaluierung des klimatologischen Niederschlags



Evaluierung der saisonalen Niederschlagsklimatologie

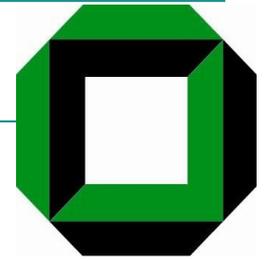
durch **Vergleich der CLM bzw. REMO Simulation mit der Beobachtungs-Klimatologie**

- gemittelt über den Zeitraum von 30 Jahren – Kontroll-Zeitraum
- Modelldaten gemittelt über benachbarte Gitterzellen



Bei den Experimenten handelt es sich um Klima-Rechnungen!
d.h. keine Wiedergabe des realen Wetters
sondern Evaluierung in klimatologischer Hinsicht

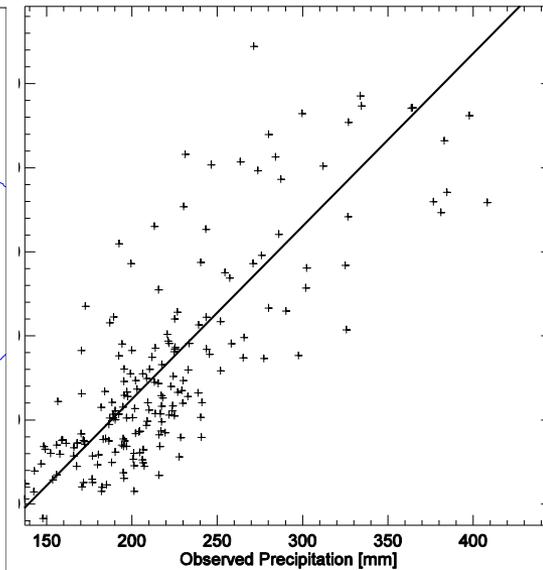
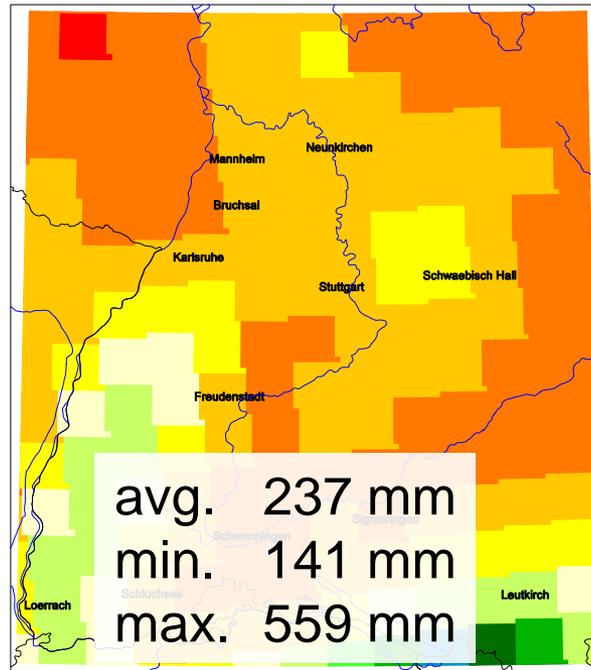
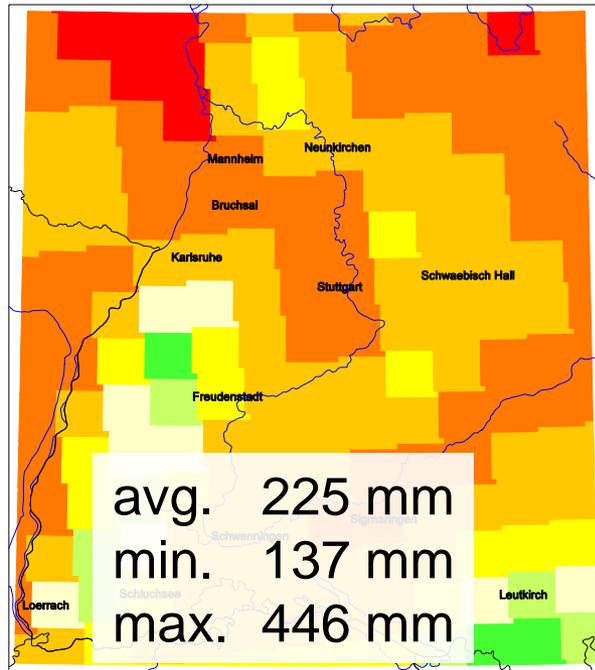
Evaluierung Niederschlagsklimatologie CLM, Frühjahr



Beobachtung

CLM

49,8°
MAM 1971 - 2000
47,5°



$$P_{\text{REMO}} = 6.0 + 1.03 P_{\text{Obs}}$$

$$r_{\text{rs}}^2 = 0.6$$

7,5°

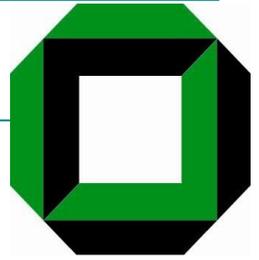
10,5°



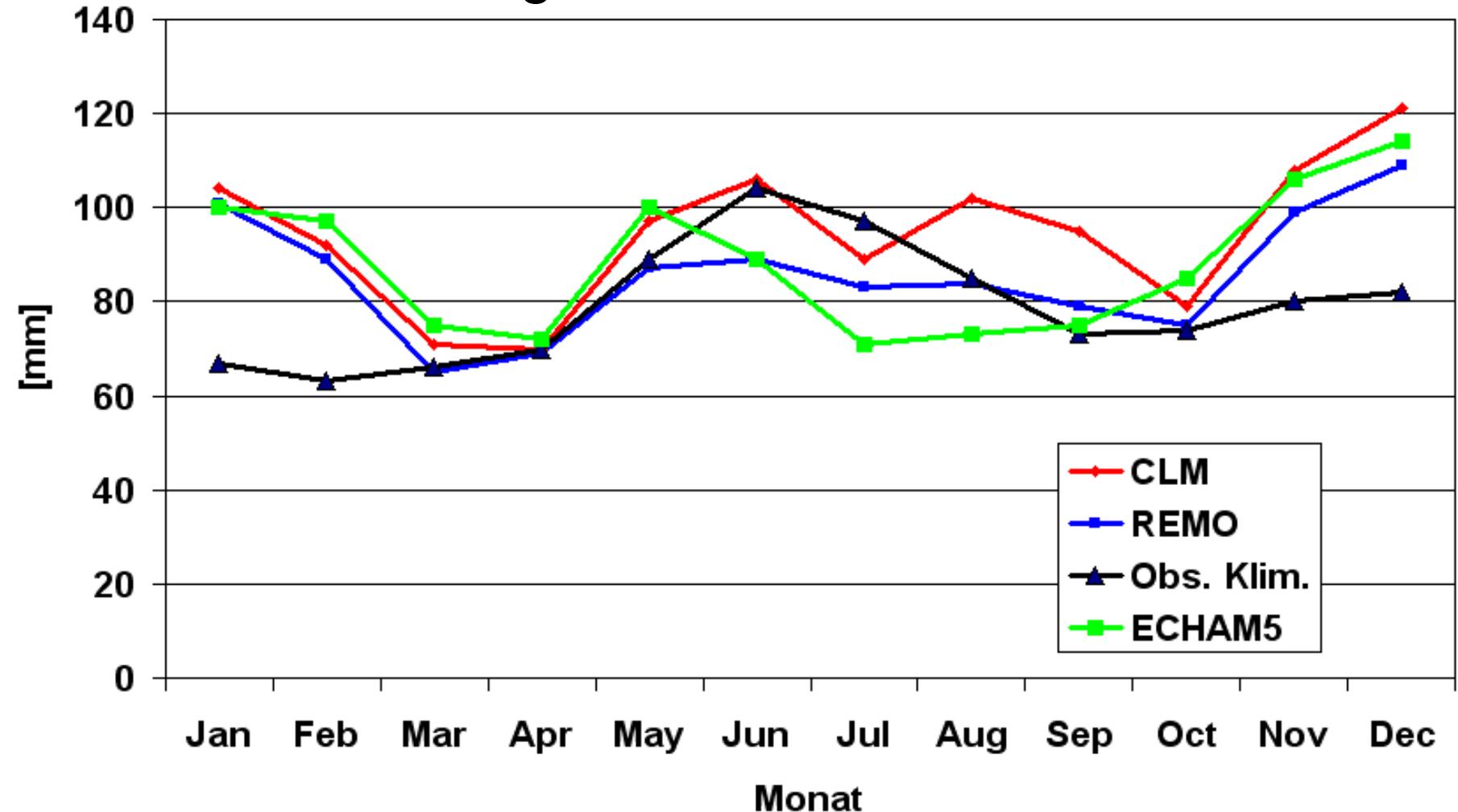
2500mm

Jahresgang des klim. Niederschlags 1971-2000

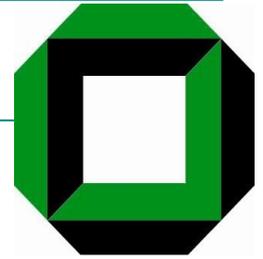
Mittelwerte über BW



Beobachtung **CLM** **REMO** **ECHAM5**



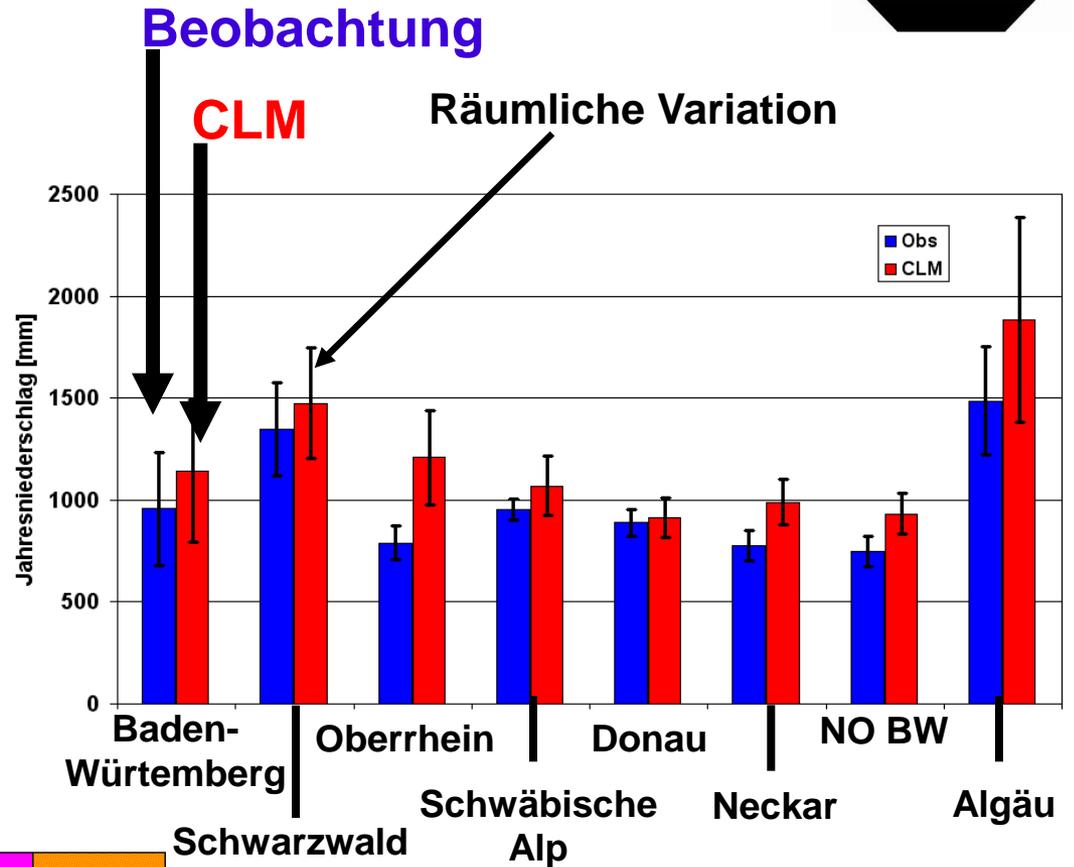
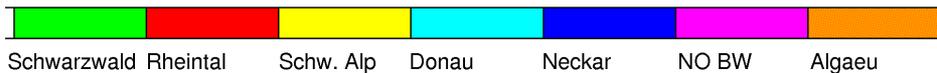
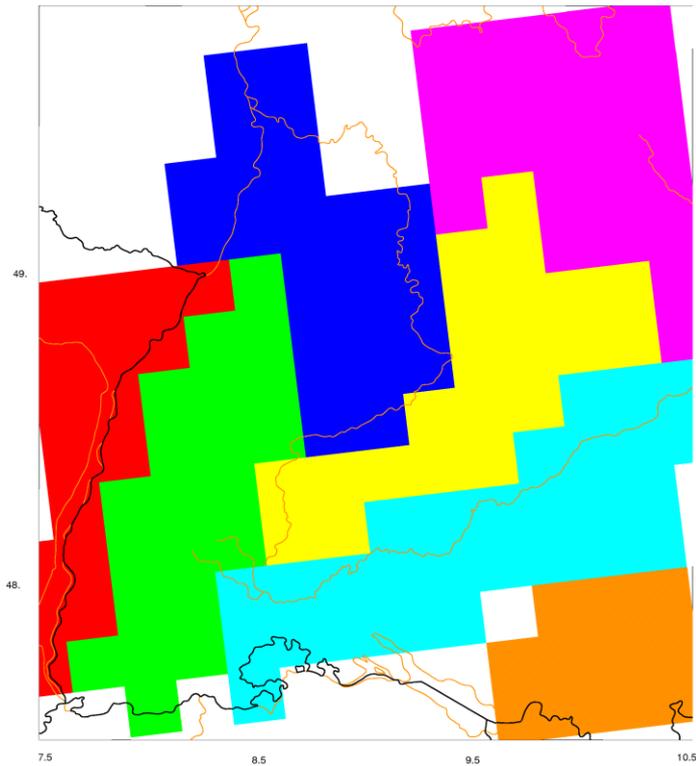
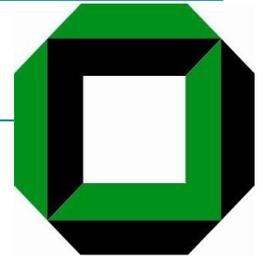
Evaluierung NiederschlagsklimatologieCLM



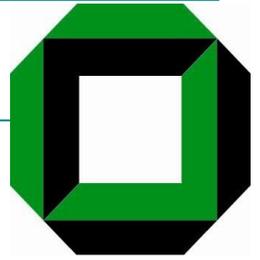
Gebietsmittelwerte BW des saisonalen klimatologischen Niederschlags 1971-2000

	Messung	CLM	REMO
Frühling (MAM)	225 mm	+ 7%	-2%
Sommer (JJA)	286 mm	+ 4%	- 10%
Herbst (SON)	228 mm	+ 25%	+ 11%
Winter (DJF)	213 mm	+ 47%	+ 40%
Jahr	951 mm	+ 20%	+ 8%

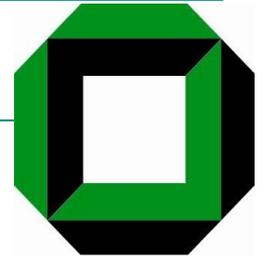
Regionale Verteilung



Aufteilung der Regionen nach Gesamtniederschlag und Jahresgang

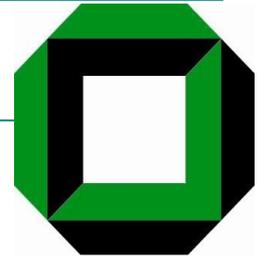


- Die Modelle liefern im Sommer deutlich bessere Ergebnisse als im Winter
- Die Überschätzung im Winter wird vom antreibenden Modell ECHAM5 an die regionalen Modelle vererbt
- Der „Regionalisierungs-Gewinn“ ist im Sommer ausgeprägter
- Diskrepanzen gegenüber den Beobachtungen sind bei ansteigender Topographie zu erkennen (Westschwarzwald, Alpennordrand)
 - Hier sollte die Verfeinerung der Auflösung mit dem CLM eine realistischere Verteilung liefern



Klimatologische Änderung des simulierten Niederschlags

Klimatologische Änderung des Niederschlags in den Modellen



Klimatologische Änderung des simulierten saisonalen Niederschlags

durch **Vergleich der Simulationen**

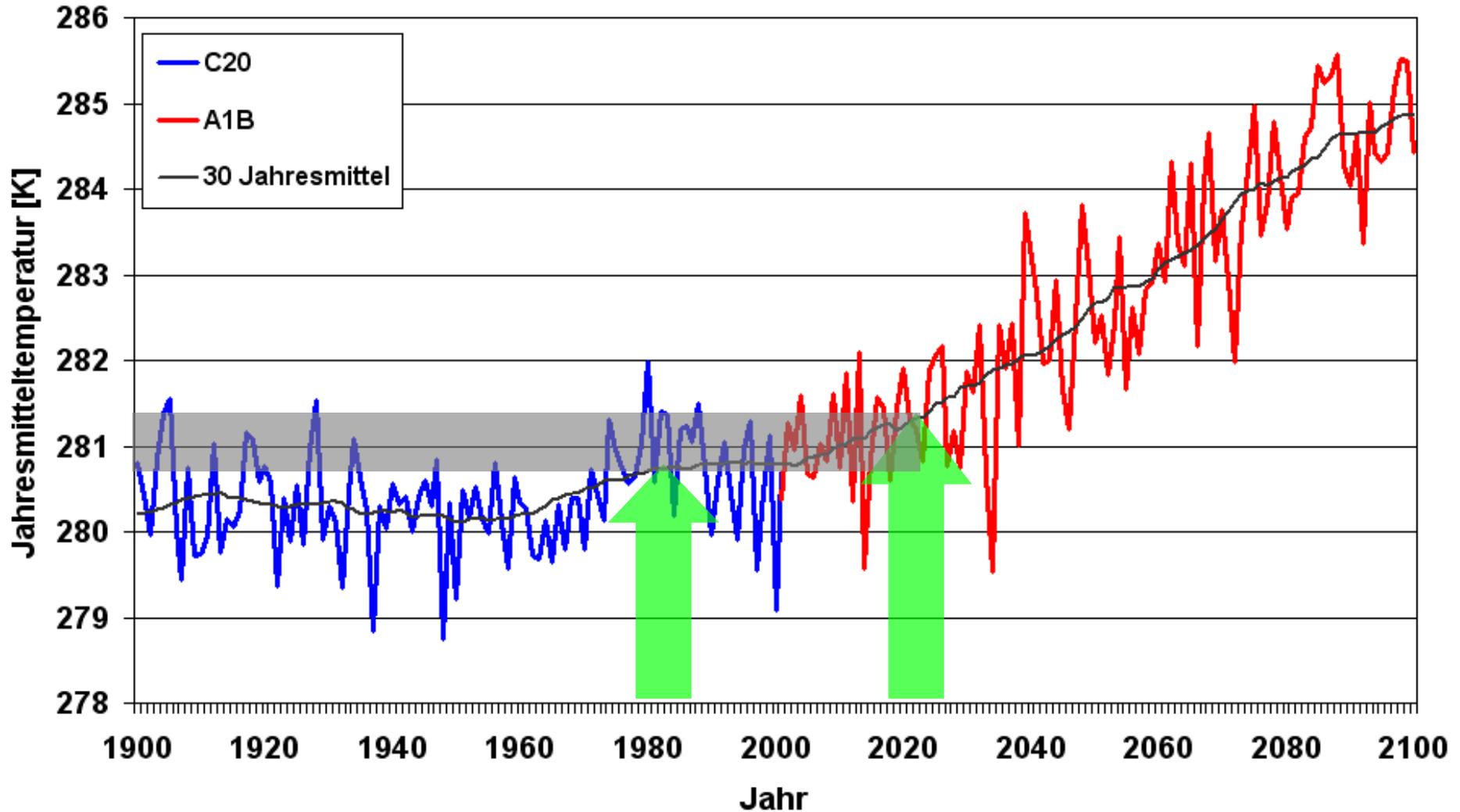
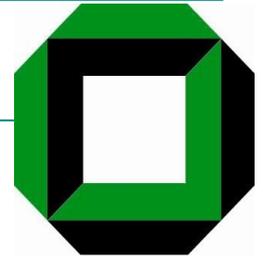
- des **Kontrolllaufes C20** für die Jahre 1971 – 2000

mit **der Simulation**

- des **Szenariolaufes A1B** für 2011 – 2040

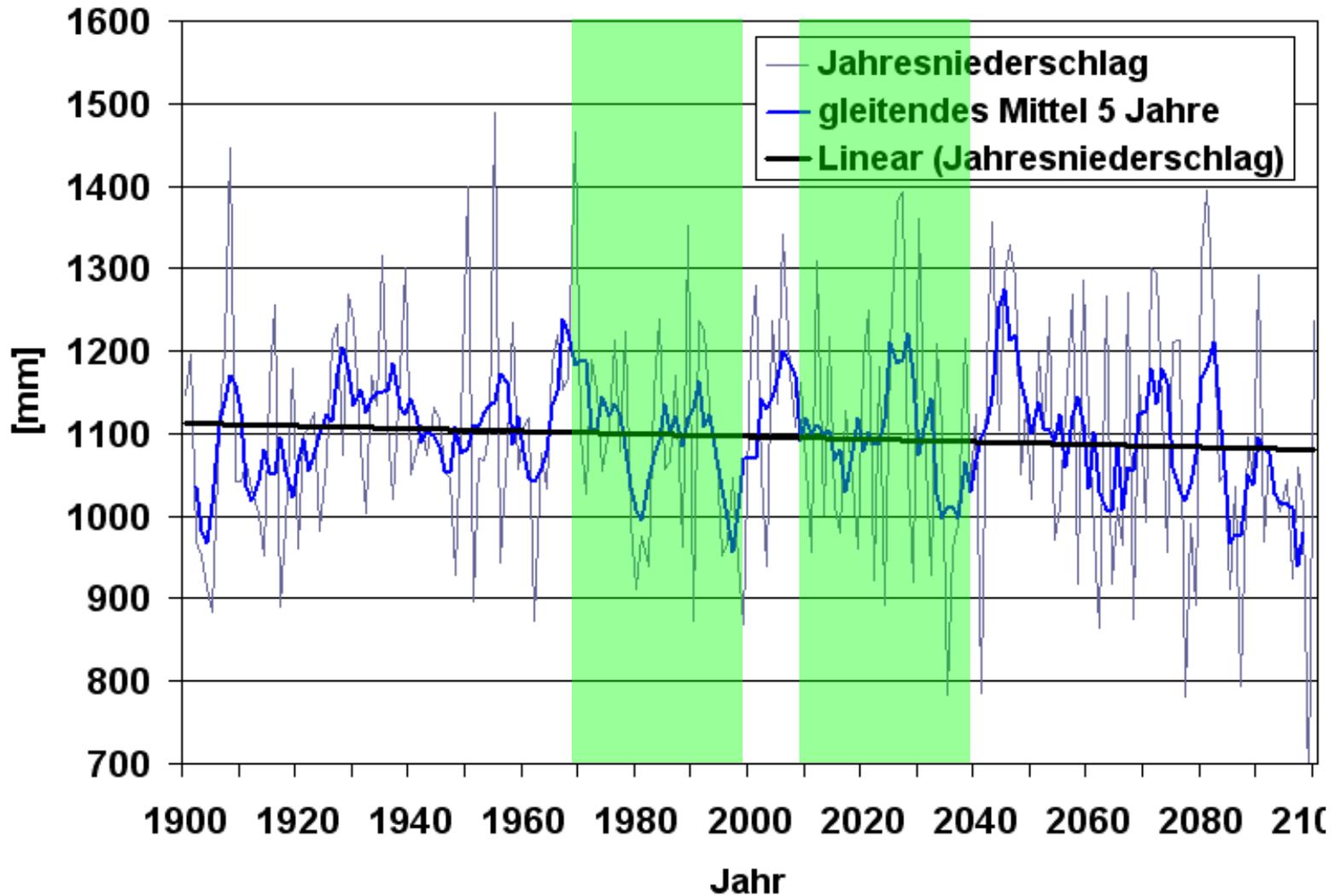
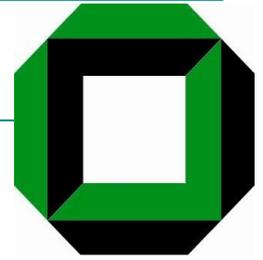
Trend 1900-2100 ECHAM5

Jahresmitteltemperatur Baden-Württemberg

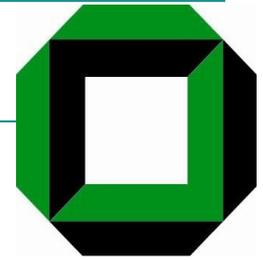


Trend 1900-2100 ECHAM5

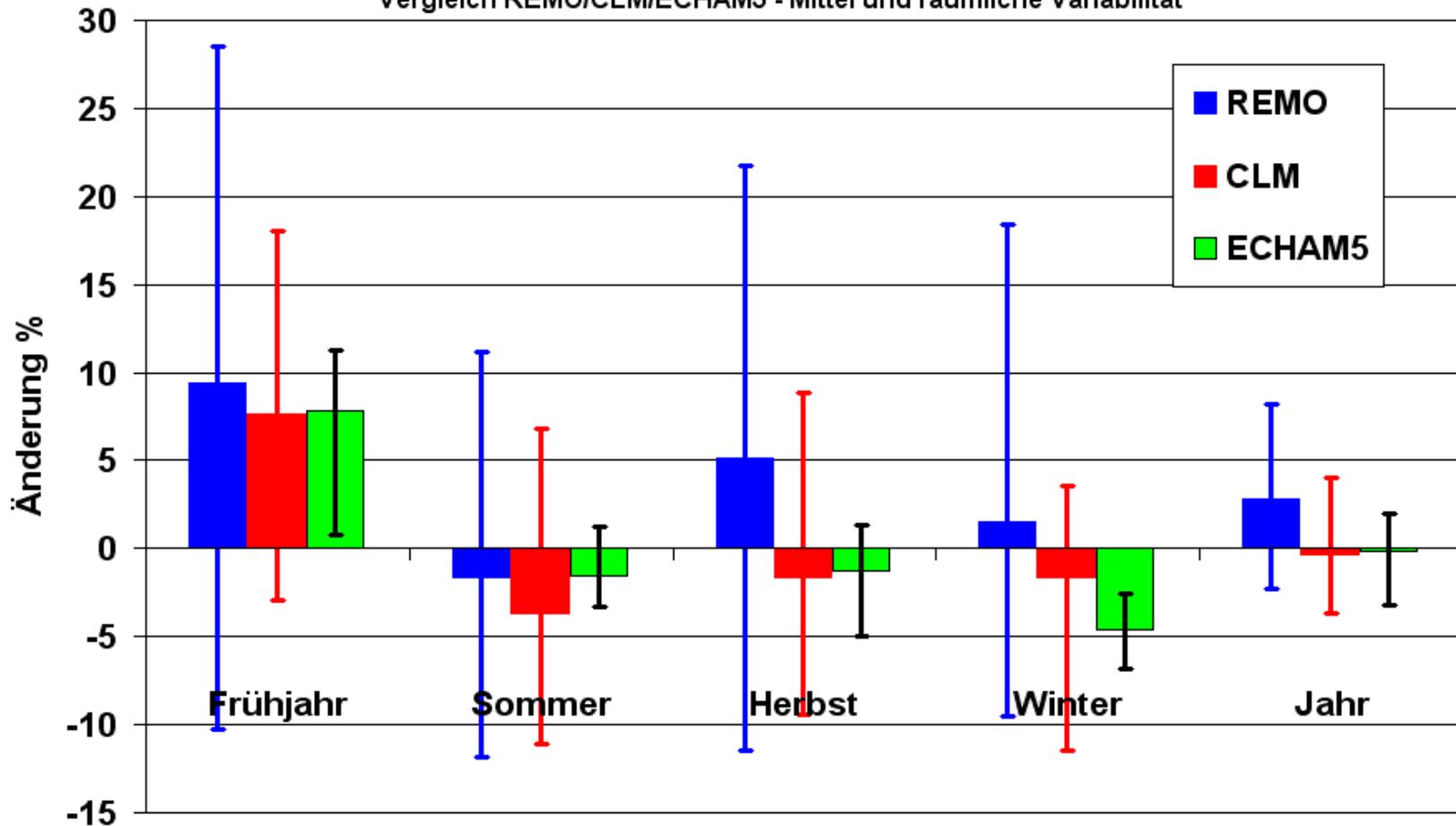
Jahresniederschlag Baden-Württemberg



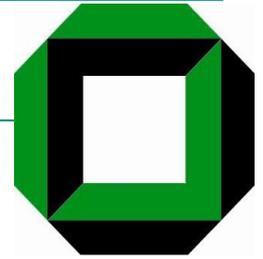
Klimatologische Niederschlagsänderungen REMO/CLM/ECHAM5



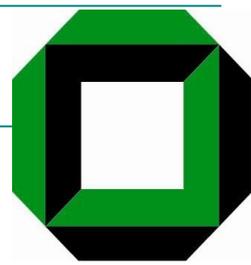
Klimasignale: Niederschlagssummen Baden Württemberg
2011-2040 zu 1971-2000 [%]
Vergleich REMO/CLM/ECHAM5 - Mittel und räumliche Variabilität

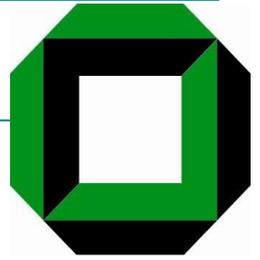


Erwartete Klimasignale beim klimatologischen Niederschlag für Baden-Württemberg

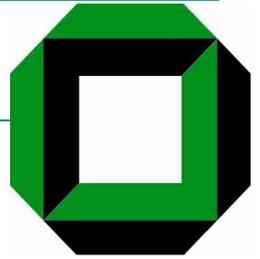


- Beim Jahresniederschlag erwarten die Modelle – konsistent – wenig Änderungen in den kommenden Jahrzehnten
- Es werden aber Verschiebungen im Jahresgang vorhergesagt:
 - Mehr Niederschlag im Frühjahr
 - Im Sommer etwas trockener
 - Für die Wintermonate sind die Ergebnisse nicht konsistent



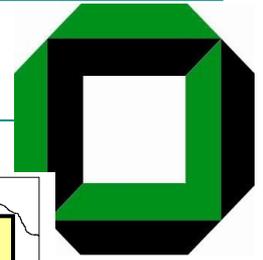


- ECHAM5 V2.02a MPI-OM V1.0 GR1.5L40
- Auflösung global $1.85^\circ \times 1.85^\circ$
- 192 x 96 Gitterpunkte
- T63 31 Schichten
- „subgrid scale orography parametrization“
- Zeiträume der verfügbaren Daten (CERA-Datenbank MPI-HH):
 - C20: 1860-2100
 - A1B: 2001-2200



- Gesamtniederschlag
- Zeitlicher Verlauf
- Regionale Verteilung
- Regentage
- Häufigkeitsverteilung

REMO (MPI-Hamburg)



Orographie

Auflösung:
0.088° ($\approx 10\text{km}$)

avg. 329m
min. -5 m
max. 3160 m

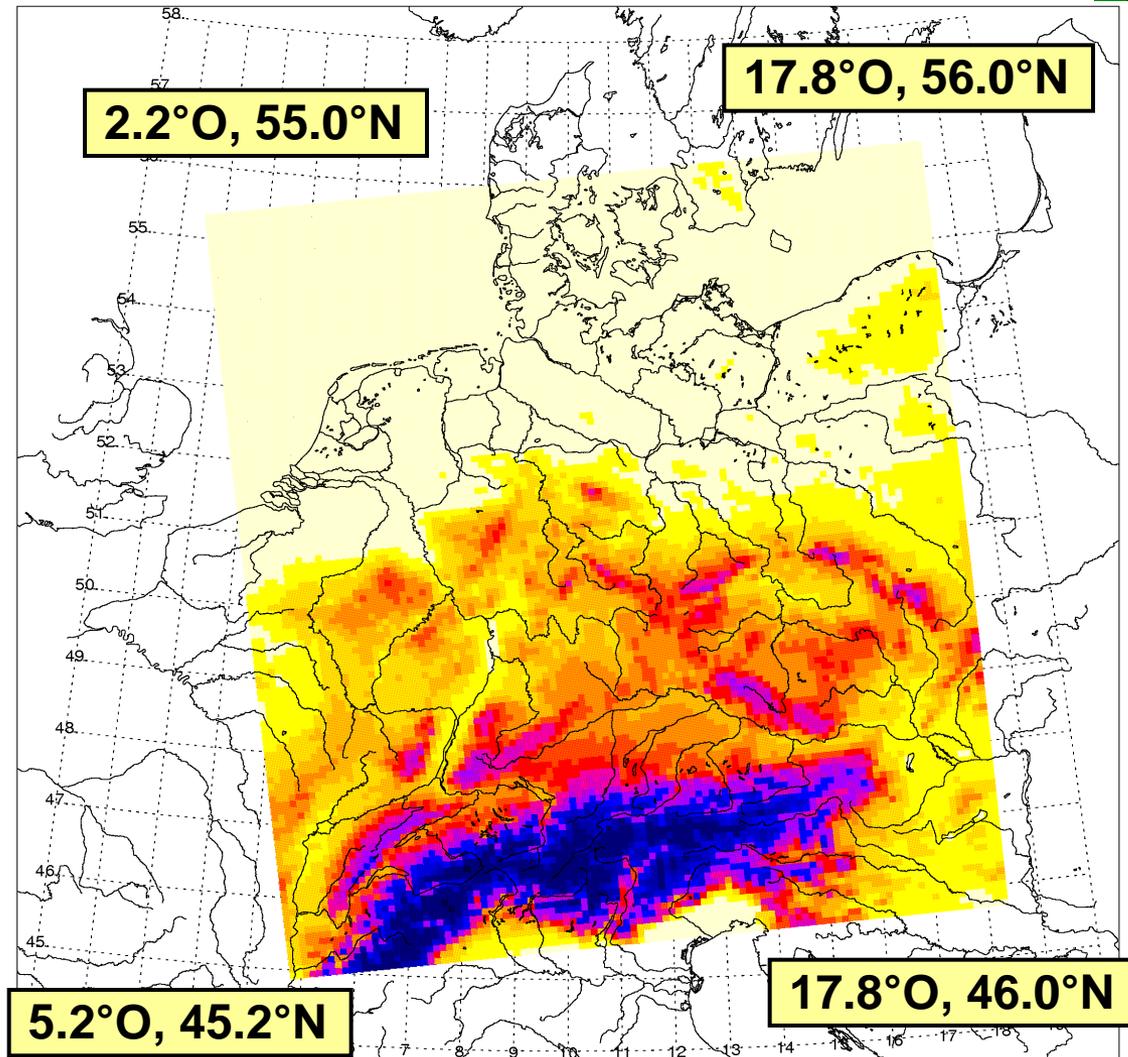
Kontrolllauf

C20 1950 – 2000

Szenarien

A2,A1B,B2
2001 - 2100

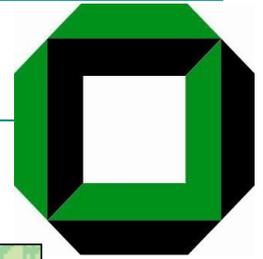
<http://cera-www.dkrz.de/>



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1200 1400 1600 1800 2000 3000

4000m

CLM Konsortialläufe (BTU-Cottbus, GKSS)



Auflösung: 0,165° (ca. 18 km)

257 x 271 Gitterpunkte

32 Schichten

Antriebsdaten:

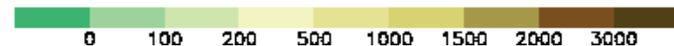
ECHAM5/MPI-OM1

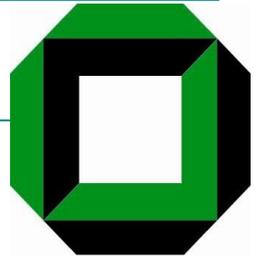
Kontrolllauf

C20: 1955 – 2000

Szenarien

A1B: 2001 – 2100





- REMO UBA-Simulationen
 - Höhere Auflösung
 - Antriebsdaten nur für episodische Rechnungen verfügbar (müssen für einzelne Monate am MPI neu erzeugt werden)
- CLM Konsortialläufe
 - Modellkonsistenz mit dem am IMK verwendeten Modell
 - Flexibel als Antriebsdaten verwendbar im Zeitraum 1960-2100
 - Erst seit Ende April teilweise freigegeben
 - Nicht-Hydrostatisch
 - Zielregion BW weiter von den Modellrändern entfernt

Was sagt IPCC 4AR?

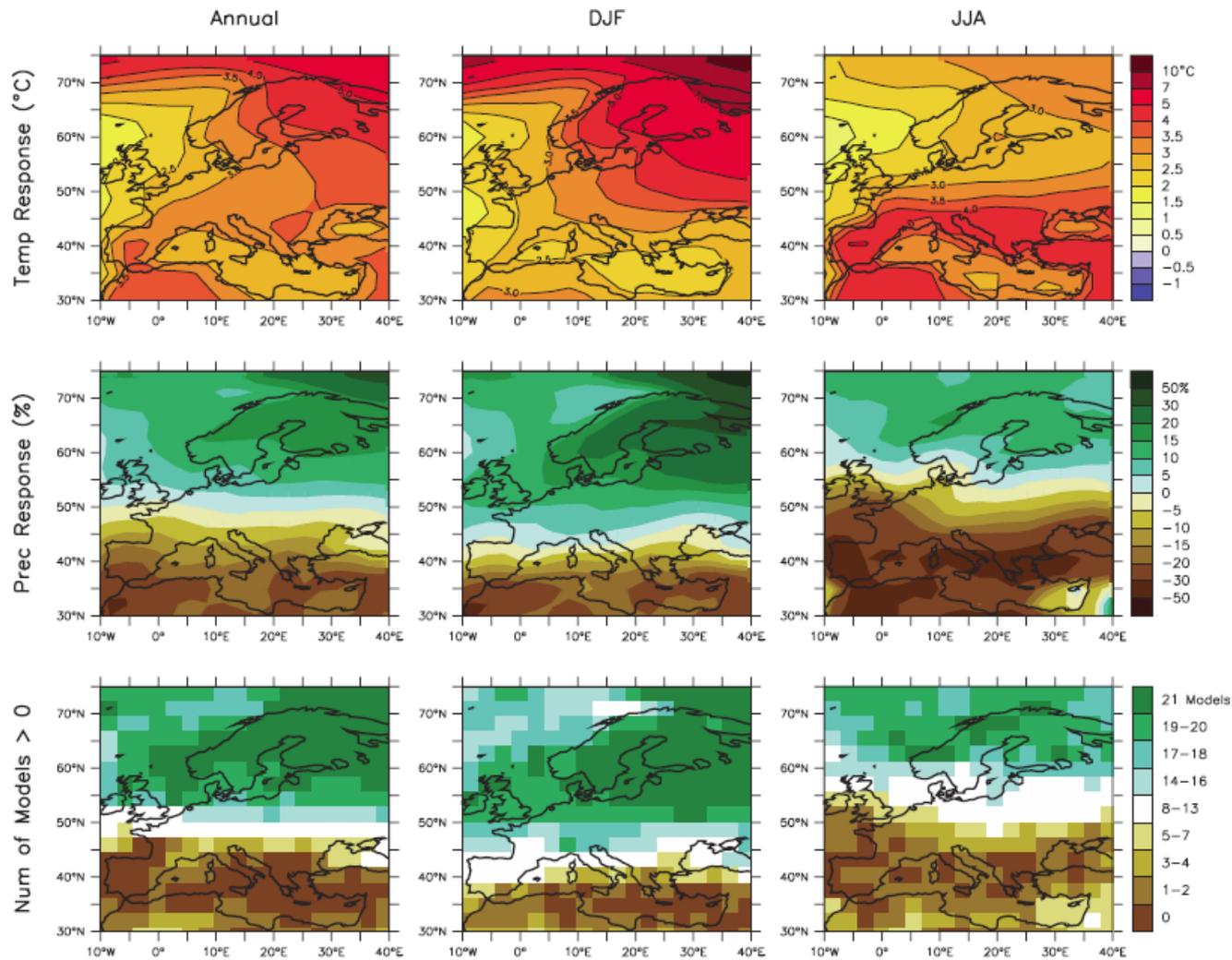
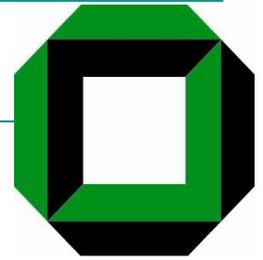
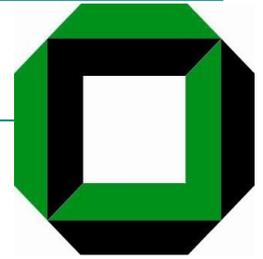


Figure 11.5. Temperature and precipitation changes over Europe from the MMD-A1B simulations. Top row: Annual mean, DJF and JJA temperature change between 1990 to 1999 and 2080 to 2099, averaged over 21 models. Middle row: same as top, but for fractional change in precipitation. Bottom row: number of models out of 21 that project increases in precipitation.

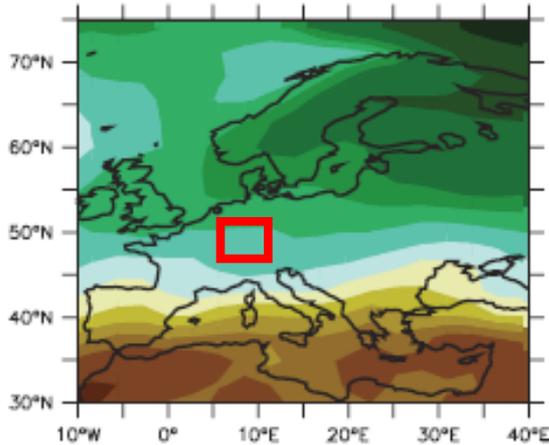
IPCC 2007

Niederschlagstrends in Europa 2080-2099 zu 1980-1999

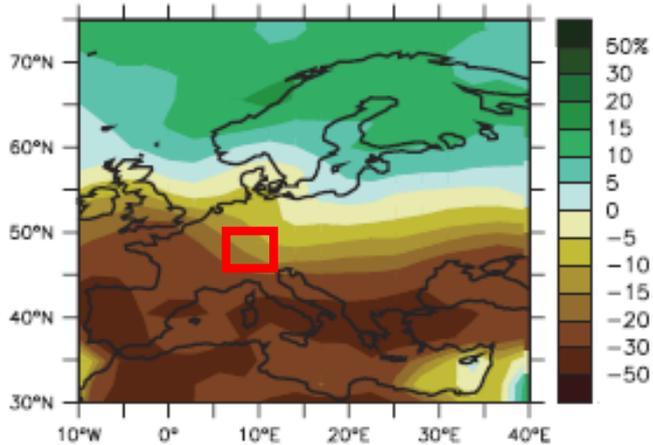


Niederschlags
änderung [%]

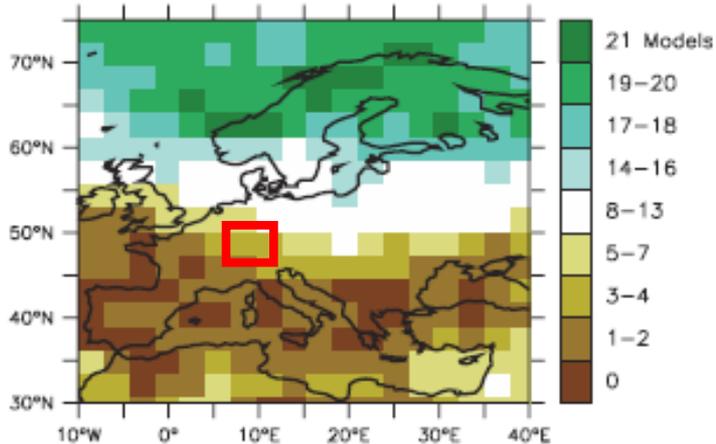
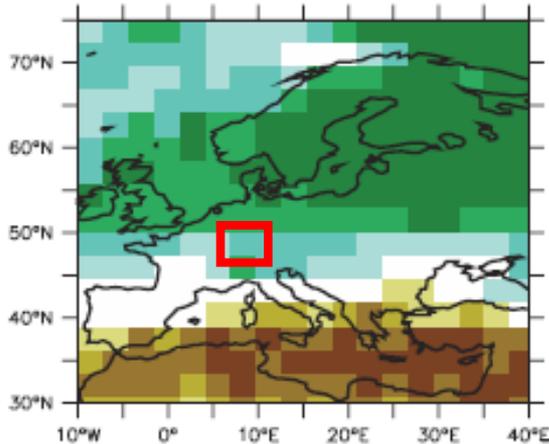
Winter (DJF)



Sommer (JJA)

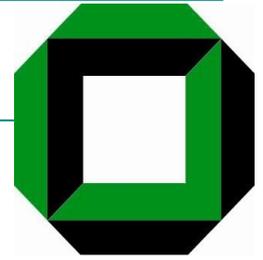


Konsistenz
der Vorhersagen



CLM Evaluierung

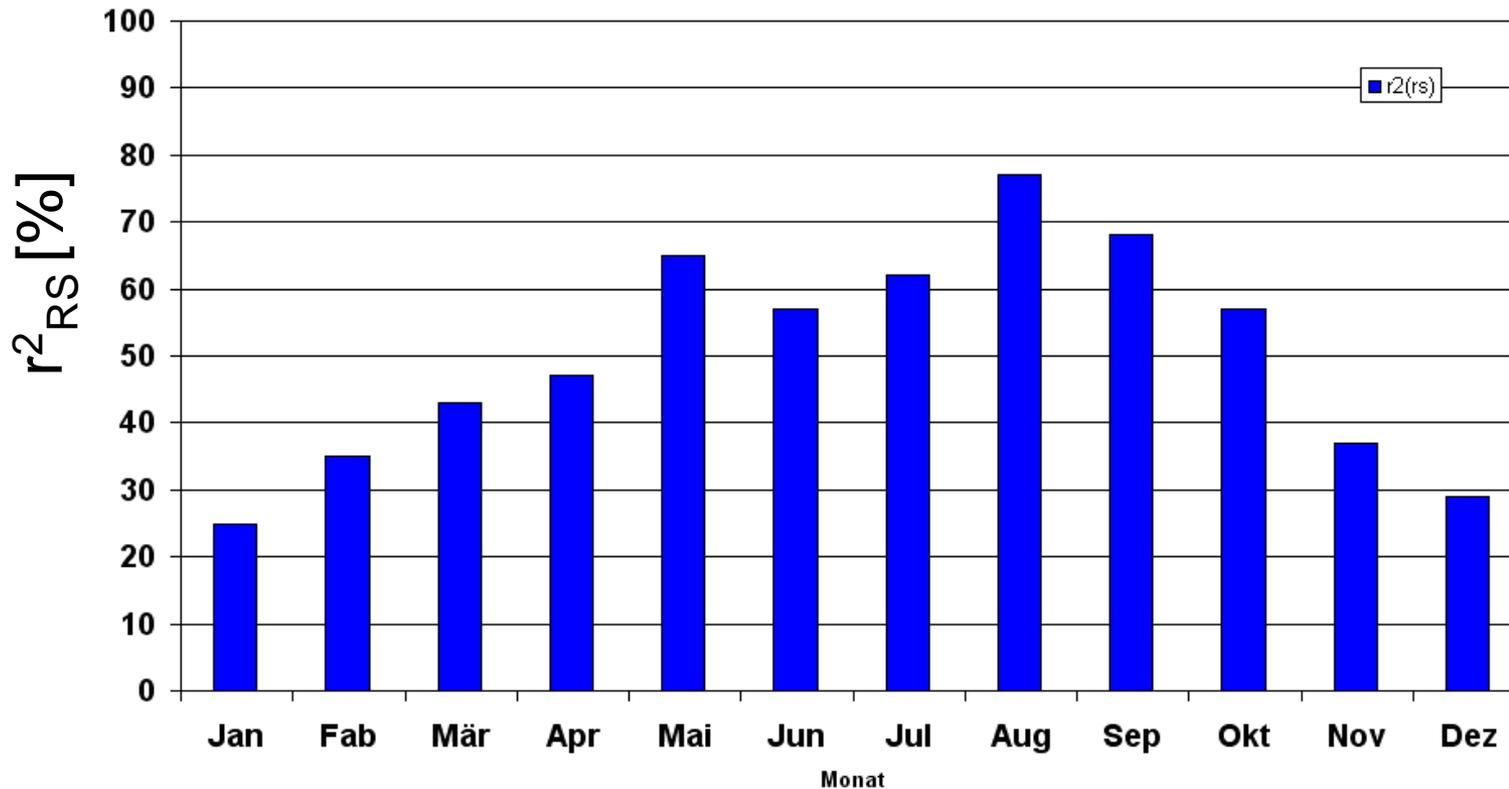
klimatologischer Jahrgang 1971-2000



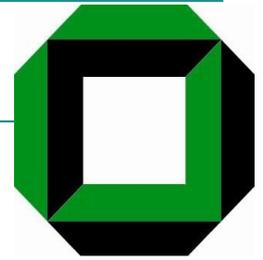
Spearman Rank Coefficient

Der räumlichen Verteilung CLM/Obs

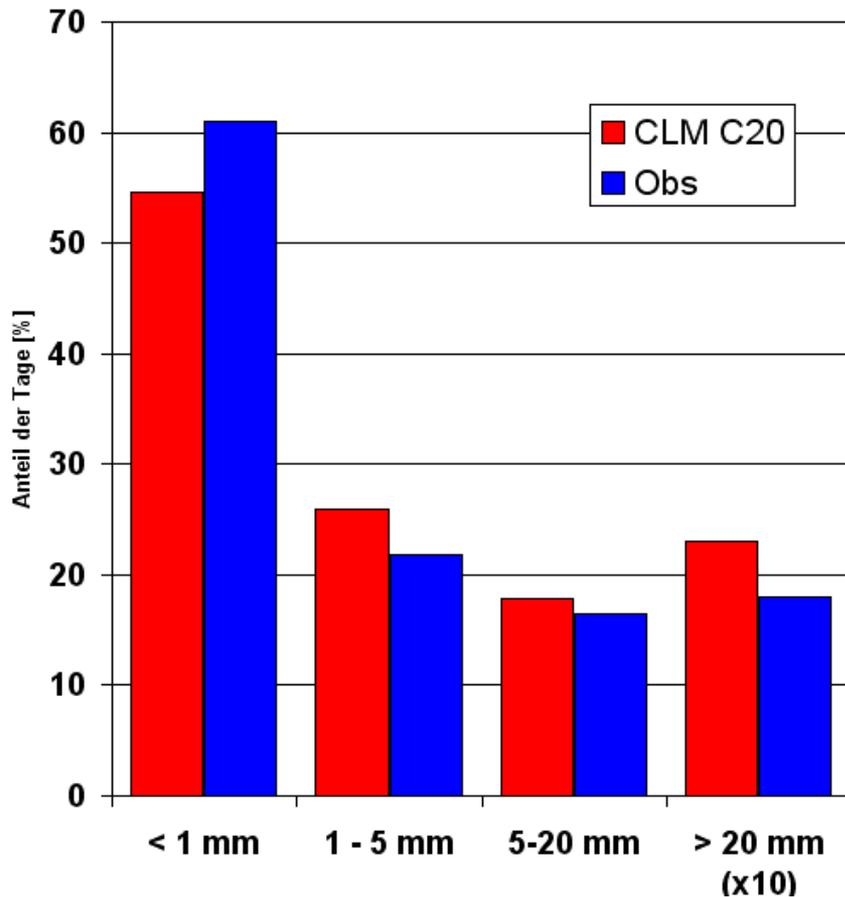
Spearman Rank Correlation Coefficient
CLM/Obs Monthly Climatological Precipitation 1971-2000



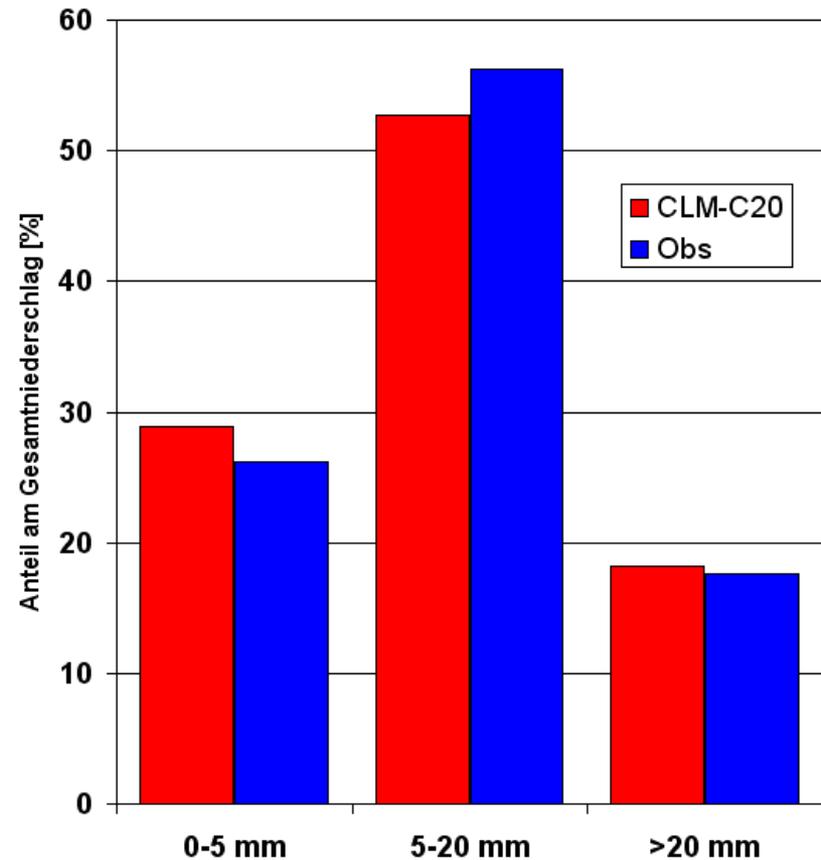
Aufteilung der Niederschläge nach Stärke CLM und Beobachtung



Prozentsatz der Tage

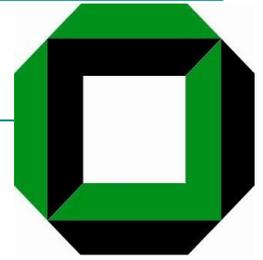
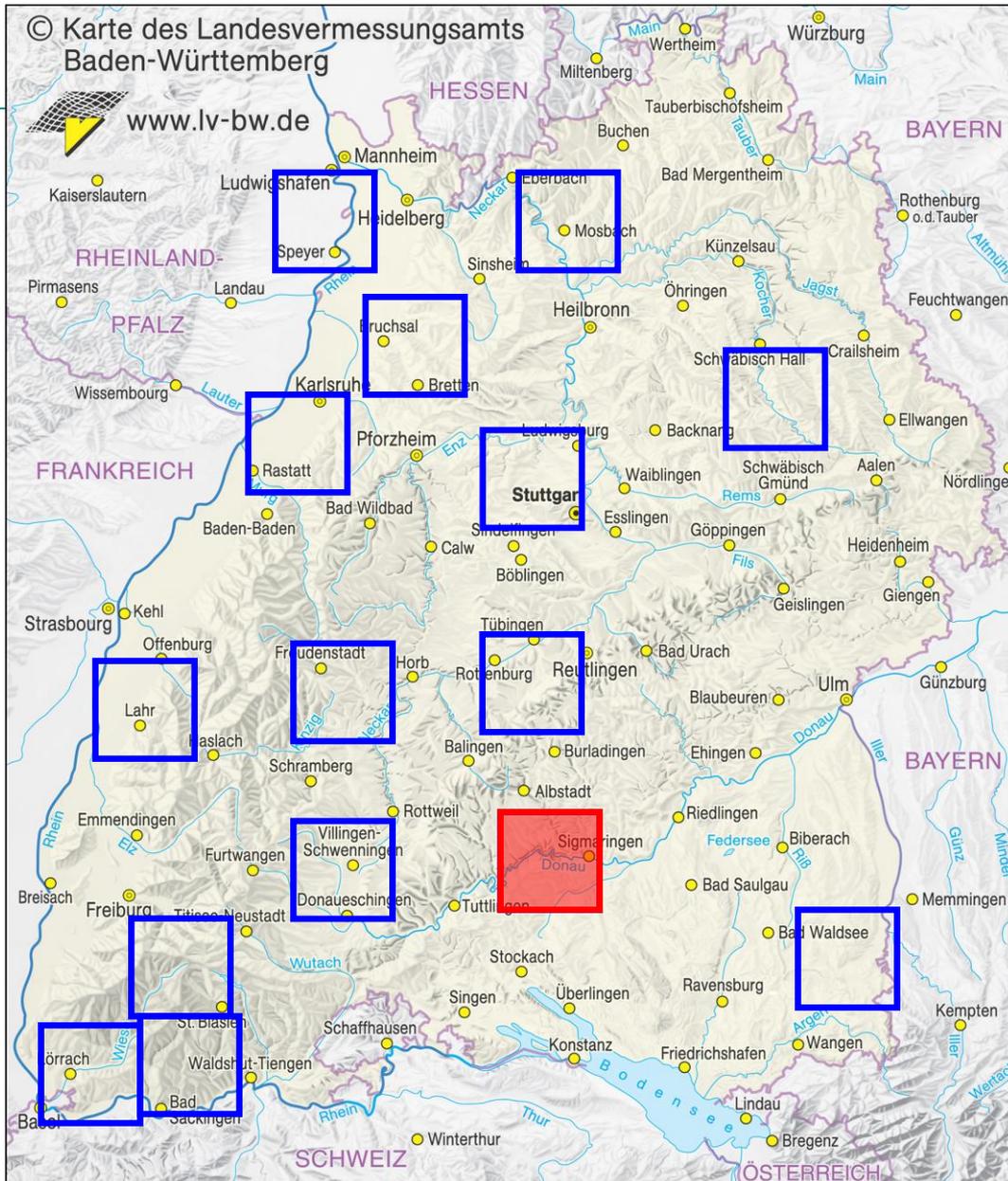


Anteil am Gesamtniederschlag

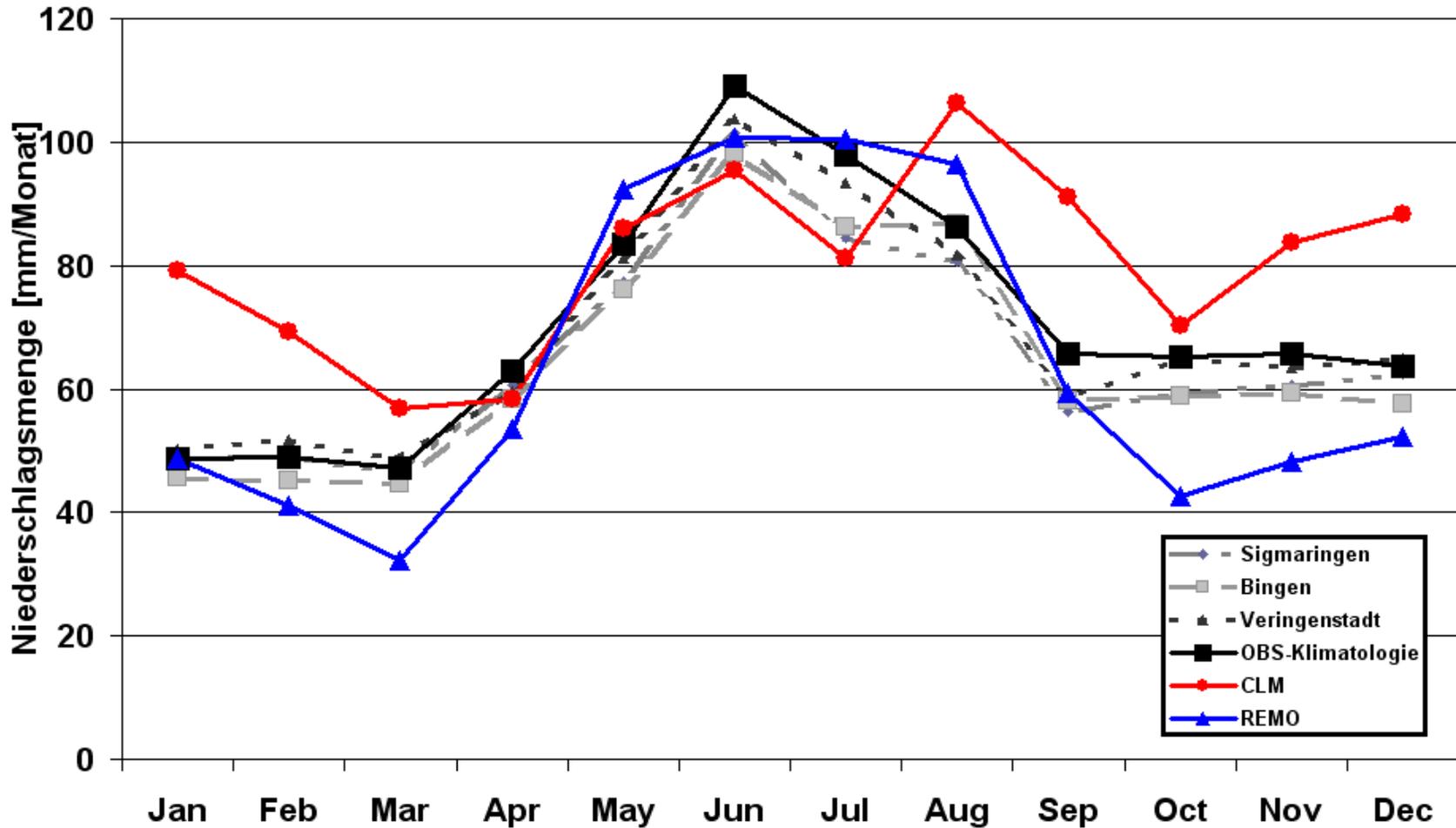
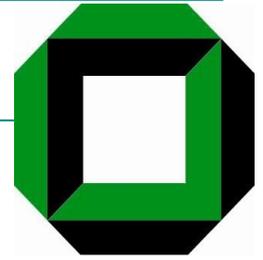


© Karte des Landesvermessungsamts
Baden-Württemberg

www.lv-bw.de

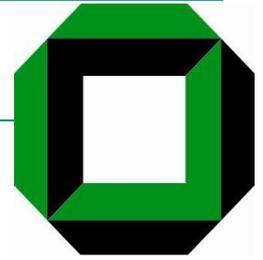
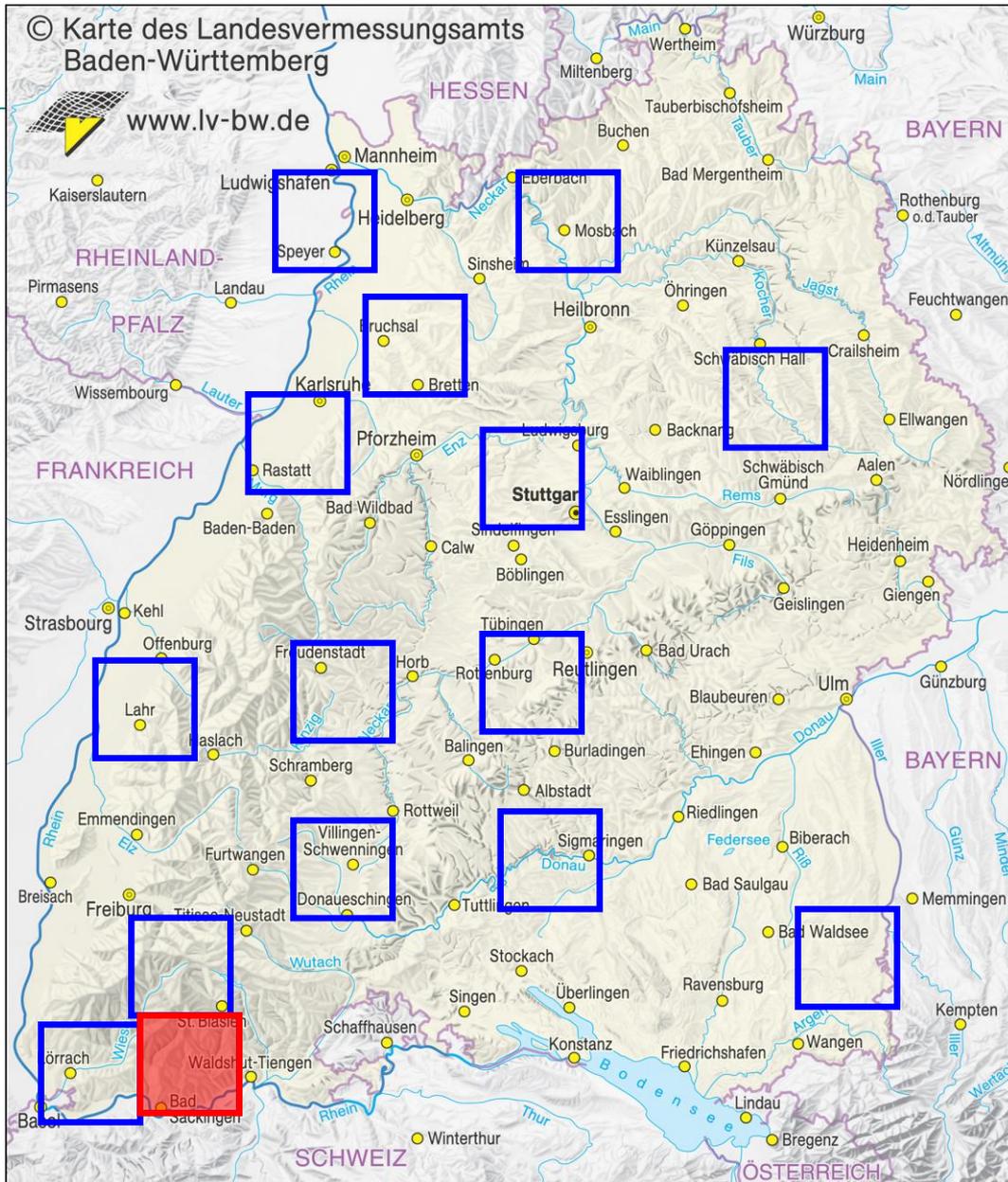


Stationsvergleich Schwäbische Alb (Sigmaringen)

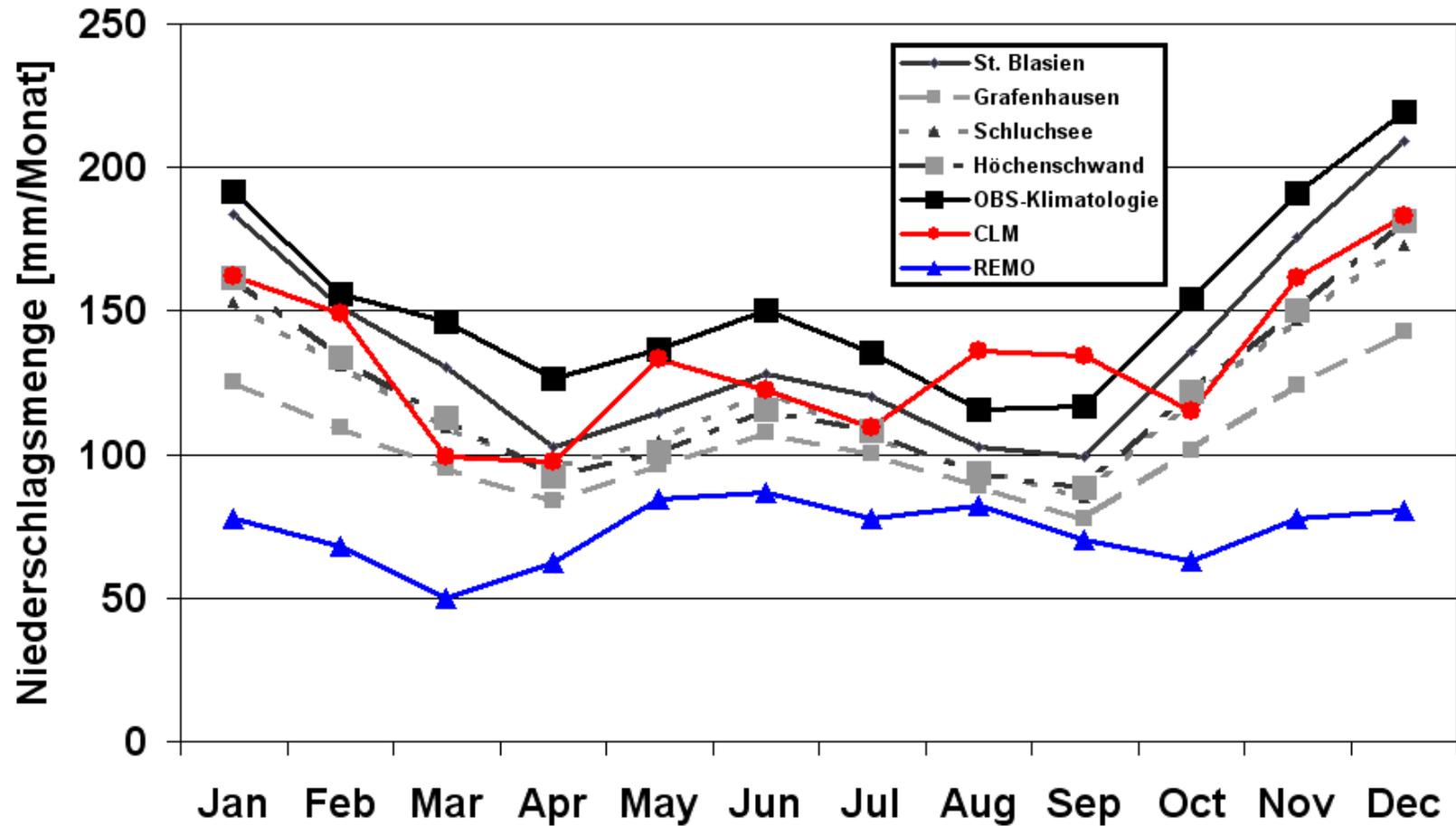
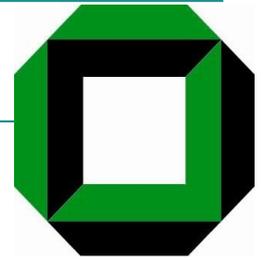


© Karte des Landesvermessungsamts
Baden-Württemberg

www.lv-bw.de

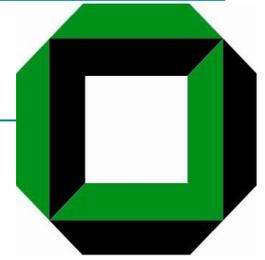
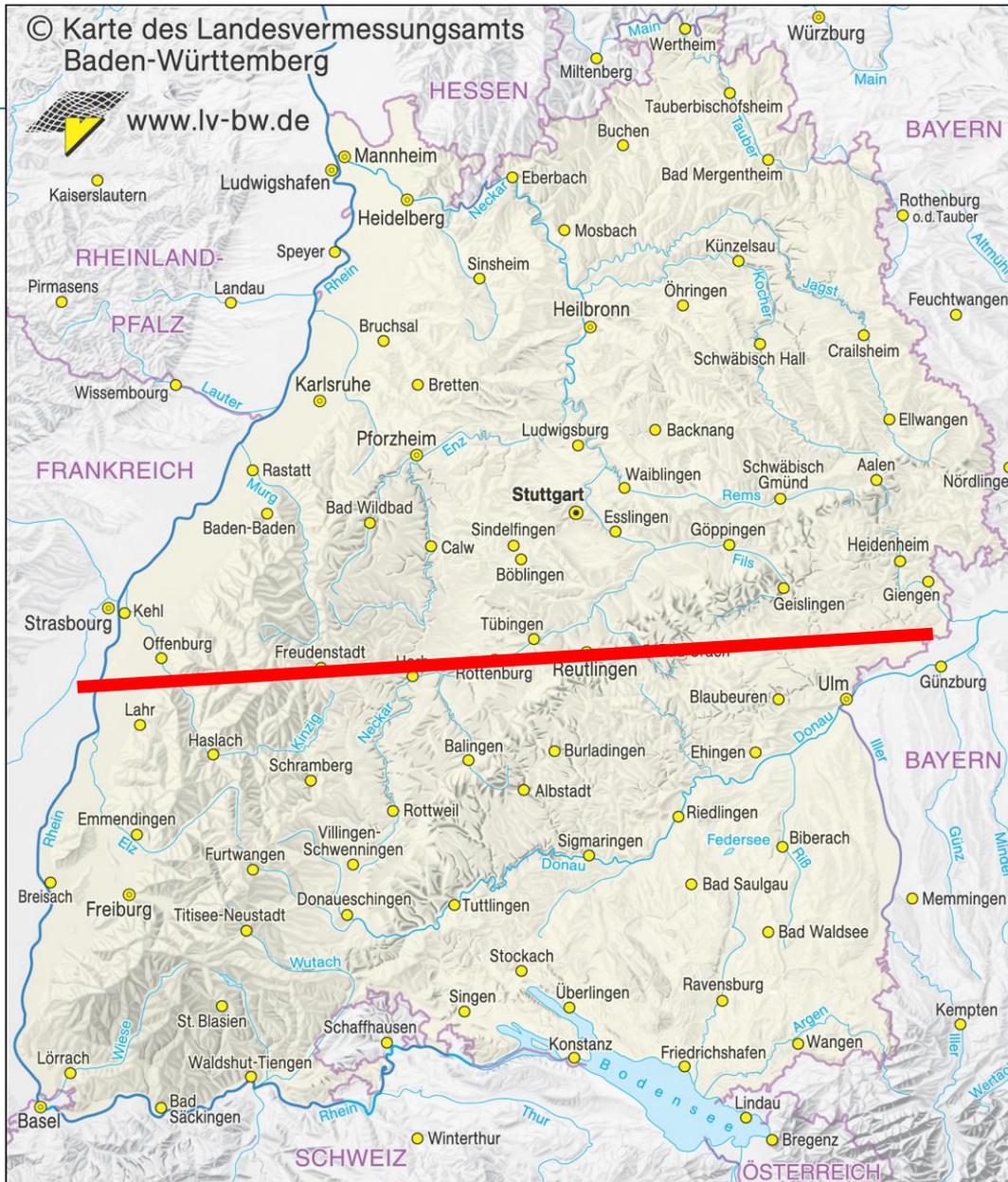


Stationsvergleich Schwarzwald (Schluchsee)



© Karte des Landesvermessungsamts
Baden-Württemberg

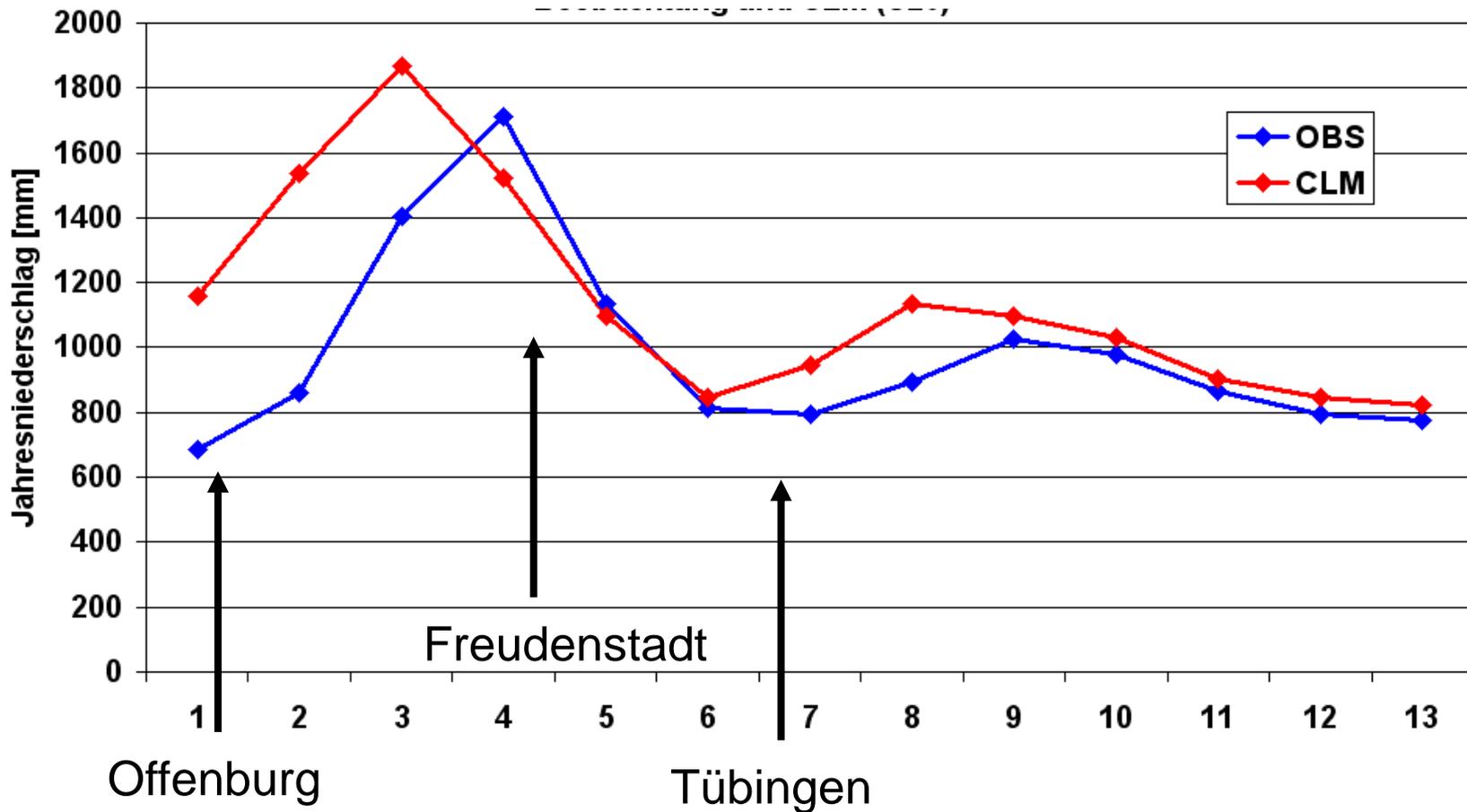
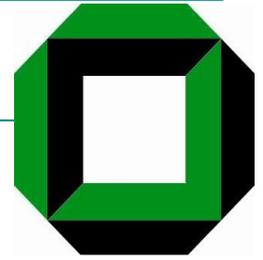
www.lv-bw.de

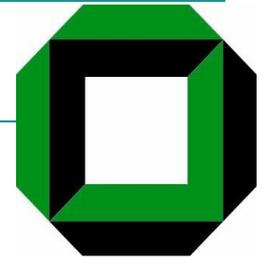
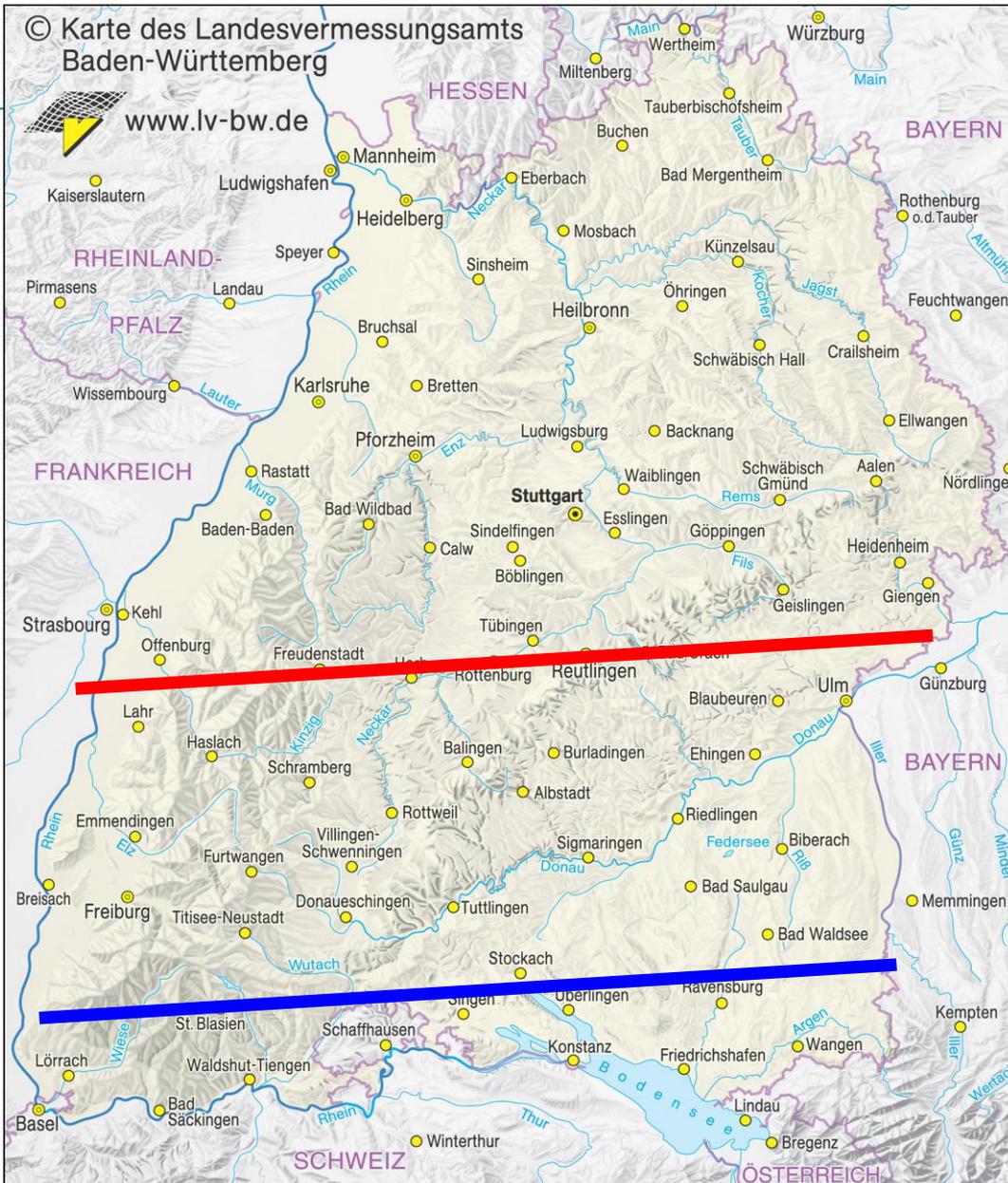


7.6°E, 48.4°N

10.6°E, 48.6°N

West-Ost Profil Jahresniederschlag Offenburg-Freudenstadt-Tübingen,...





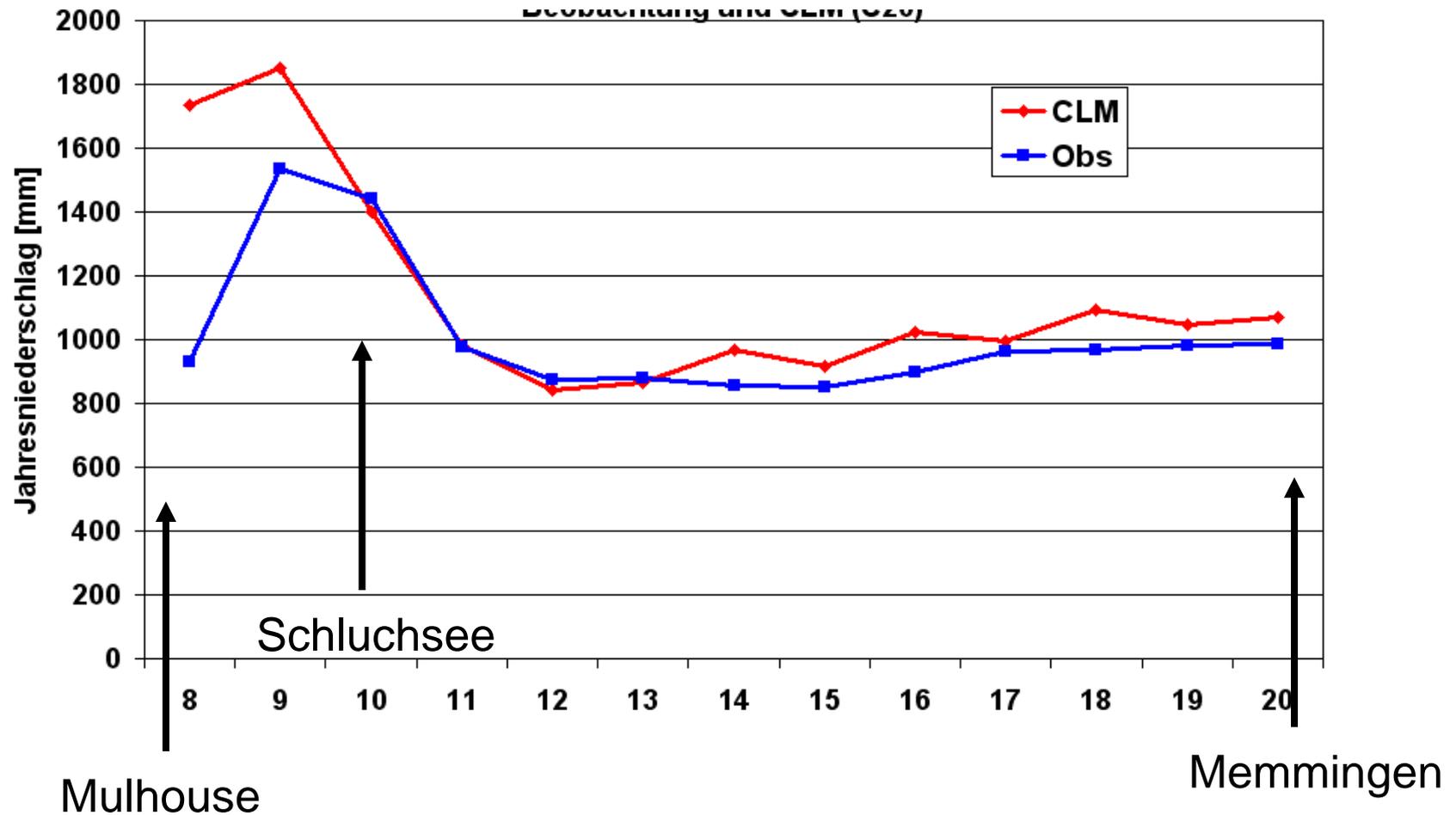
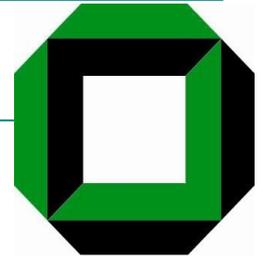
7.6°E, 48.4°N

10.6°E, 48.6°N

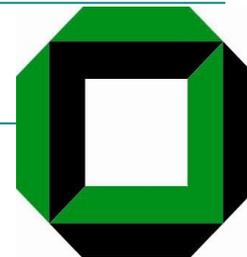
7.7°E, 47.9°N

10.6°E, 48.1°N

West-Ost Profil Jahresniederschlag Mulhouse, Schluchsee, Memmingen,...

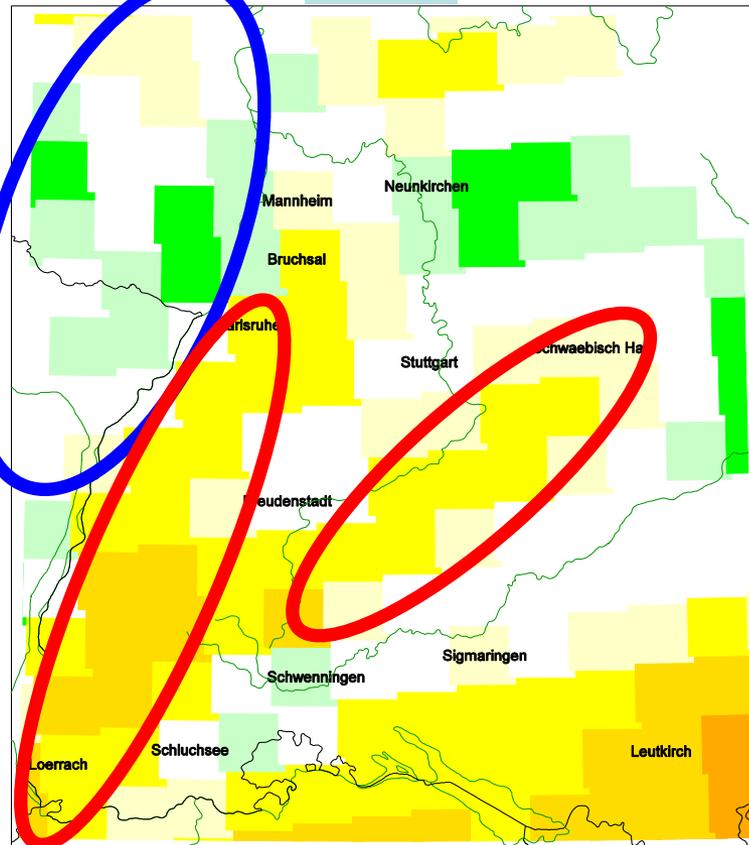
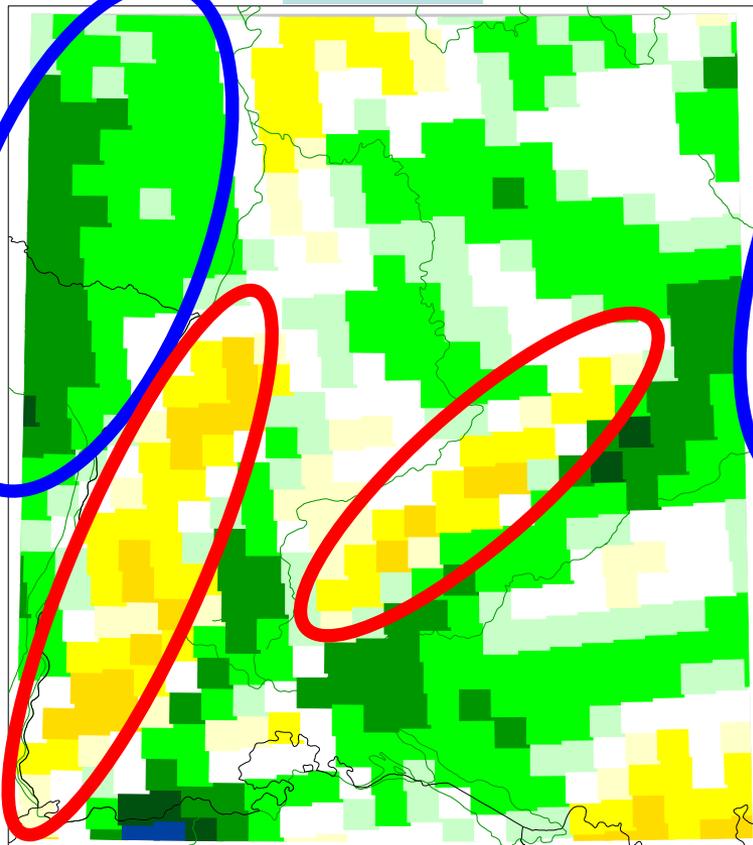


Klimatologische Niederschlagsänderungen Winter 2011-2040/1971-2000: REMO/CLM



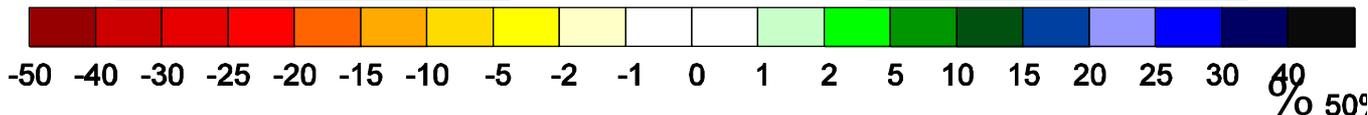
REMO

CLM



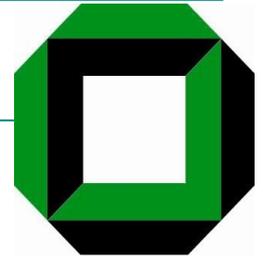
Mittel: + 1,5 %

Mittel: - 1,6 %

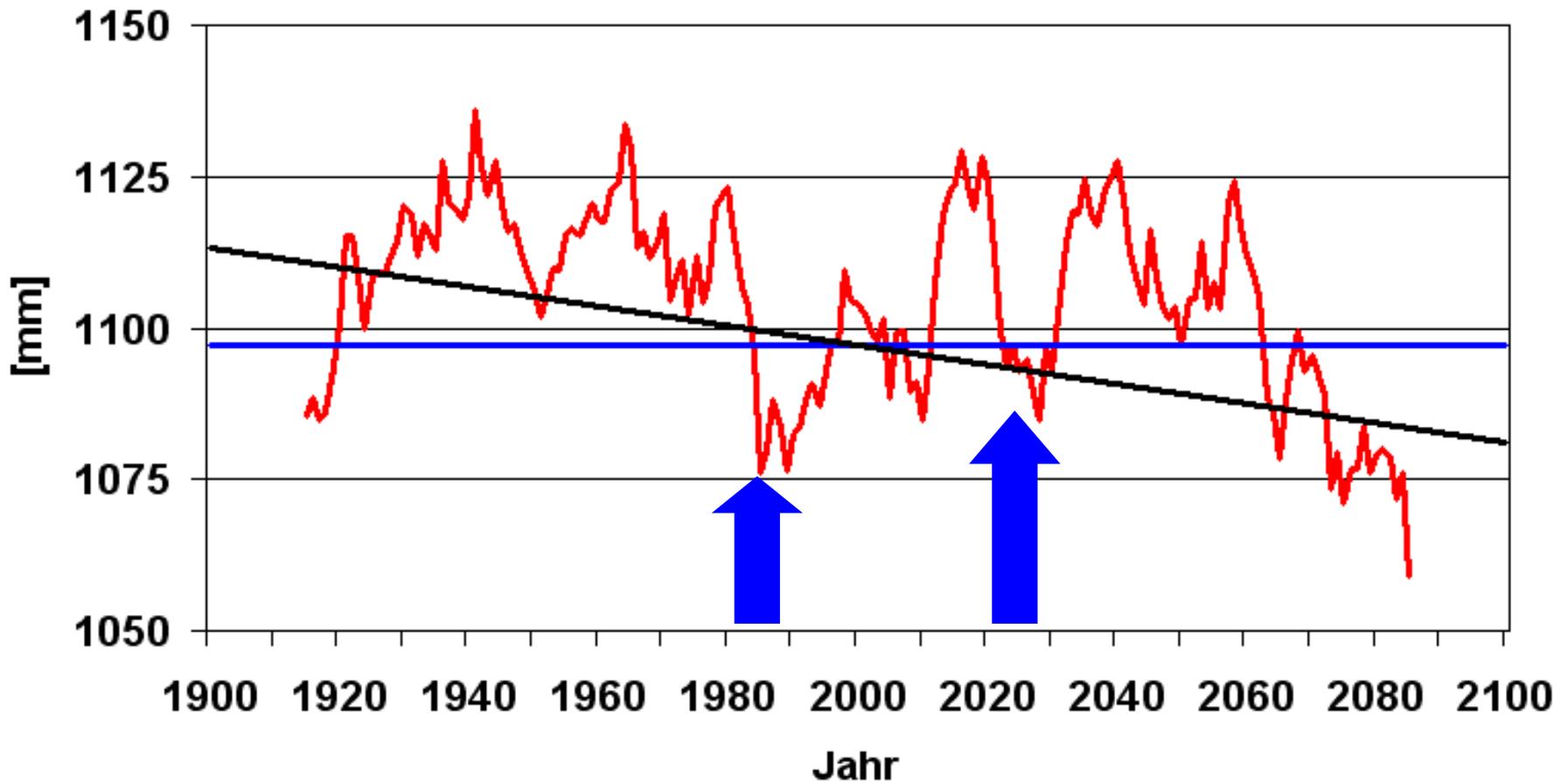


Trend 1900-2100 ECHAM5

Jahresniederschlag Baden-Württemberg

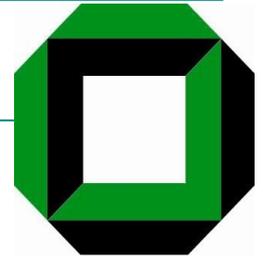


Gleitendes 30-Jahremittel, Mittelwert, linearer Trend



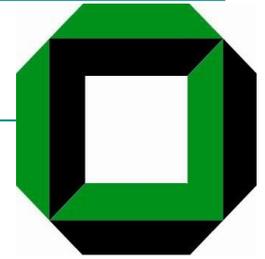
Trend 1900-2100 ECHAM5

Niederschlag Baden-Württemberg



	Trend 1900-2100	1971-2000 nass/trocken	2011-2040 nass/trocken
Frühling	+ 42 mm		
Sommer	- 65 mm		
Herbst	- 64 mm		
Winter	+ 54 mm		
Jahr	- 32 mm		

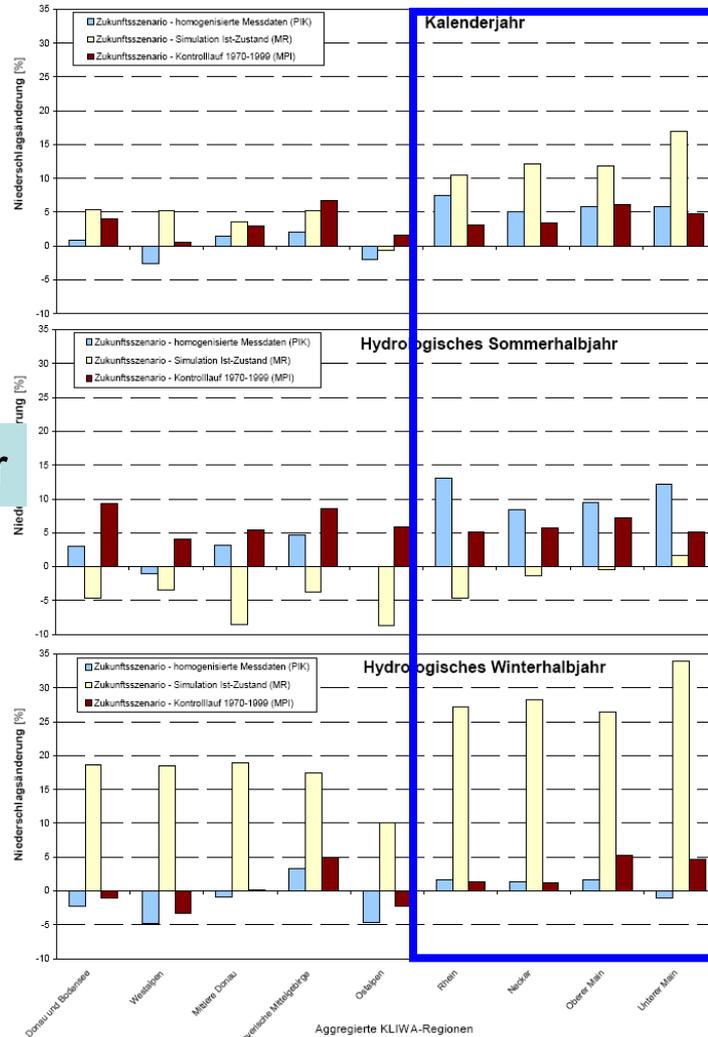
KLIWA: Klimatologische Änderung des Niederschlags 2021-2050/1971-2000 [%]



Jahr

Sommer

Winter



PIK: statistisches Verfahren

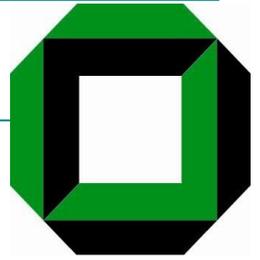
MR: statistisch-dynamisch (Wetterlagen)

MPI: REMO

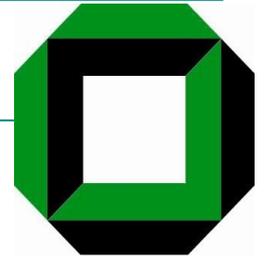
Antrieb ECHAM4

Abb. 3-13: **Relative** Veränderungen der mittleren jährlichen und halbjährlichen **Niederschlagshöhen** zwischen Zukunftsszenario und simuliertem Ist-Zustand für die neun KLIWA-Regionen (bei den Modellen PIK, MR und MPI)

Summa Summarum



- Die Evaluierung der regionalen Modelle lässt vermuten, dass auf der Basis der CLM-Konsortialläufe belastbare Aussagen über das Verhalten der Niederschläge (zumindest) des Sommerhalbjahres in den nächsten Jahrzehnten gemacht werden können.



- Die Trends sind bis 2040 deutlich geringer ausgeprägt als über einen längeren Zeitraum (1900-2100)
 - Die (statistische) Signifikanz der Aussagen ist daher geringer
 - Allerdings ist die Unsicherheit gegenüber der zukünftigen Entwicklung der Emissionen geringer
 - Bei der Interpretation der Ergebnisse muss die Repräsentativität der Episoden stärker beachtet werden