



B1 – Veränderung großräumiger Starkniederschläge im Klimawandel: NIEDERSCHLAG - Zugbahnen

ZAMG: *A. Lexer, M. Hofstätter, B. Chimani und M. Ganekind*



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



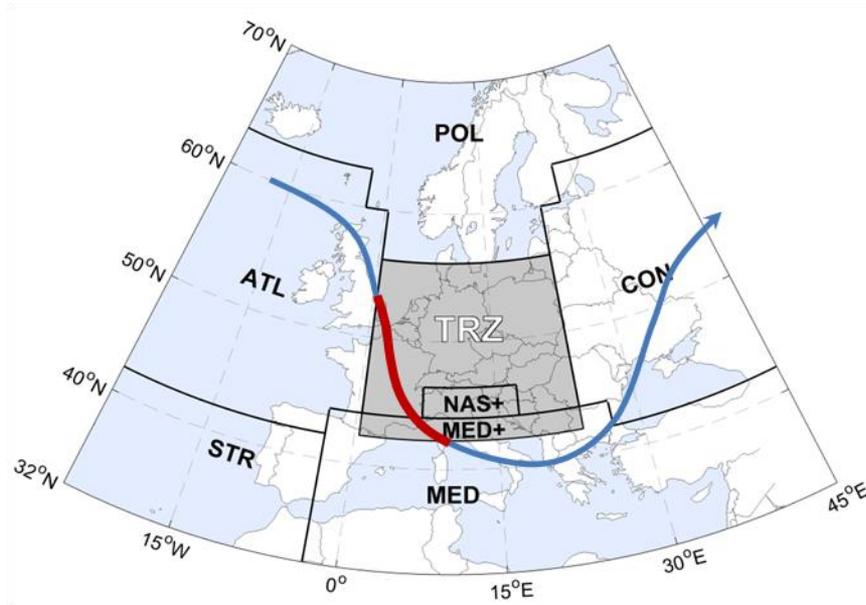
Auswertungsabläufe

- **Niederschlagsmodellierung** (Evaluierung des Regressionsmodells und der Klimamodelle)
- Bestimmung der Veränderungen Klimazukunft (inkl. Unsicherheitsanalyse)

Veränderung der Starkniederschläge	Mengen (fixe Werte = 95. Perzentil) in %
	empirische Überschreitungs-WSK (fixe Werte = 95. Perzentil) in n/100

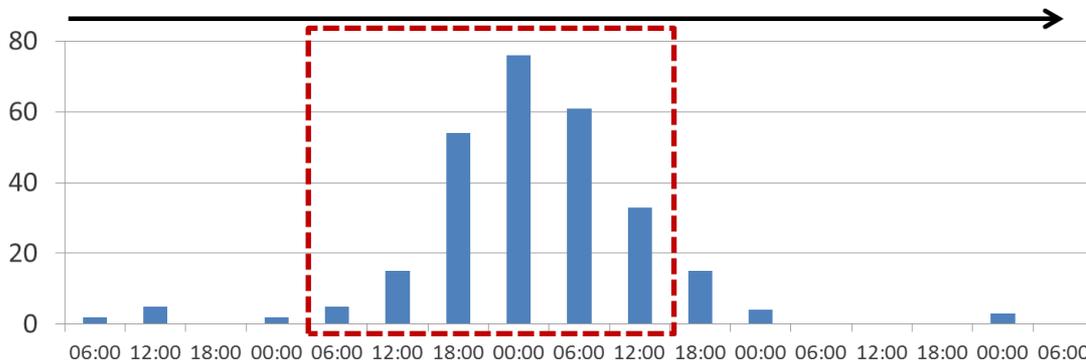
Analyseansätze (Hauptergebnisse)	Regressionsmodell (immer auf Jahresbasis entwickelt)	Kalibrierungsperiode des Regressionsmodells	Regionen	untersuchte Zugbahntypen	Modelle	Bezugsperiode	Projektionszeiträume
A) Jahresbasis	reg_all		8	alle Zugbahnen gemeinsam, Vb, Xn, Xs, ATL; (POL, MED, TRZ)	ECHAM5: 2xA1B; ECHAM6: 3xRCP4.5 und 3xRCP8.5; EC-Earth: 1xRCP4.5 und 1xRCP8.5; pro Modell 1 Wert (Ensemble mean: aus 2/3/1 runs)	1971-2000	2021-2050; 2071-2100
B) saisonale Basis	reg_all	full (1961-2001)	MAM=7; JJA=8; SON=7; DJF=6	alle Zugbahnen gemeinsam		1971-2000	2021-2050; 2071-2100
C) Jahresbasis & halbjährlich	reg_Vb		8	Vb		1961-2000	2011-2050; 2061-2100

Niederschlagsmodellierung



Wie kommt man von beobachteten Niederschlagsdaten und Zugbahnen – bestimmt aus Reanalysemodellldaten – zu modellierten Niederschlagswerten für die Klimamodelle?

1. Niederschlagsdaten Zugbahnen zuordnen → Ereignisniederschlag
2. Ausgewählte Parameter (w , rh , q) aus Reanalysemodellen Zugbahnen zuordnen
3. Modell zur Niederschlagsmodellierung aufstellen = Regressionsmodell
4. Reproduzierbarkeit des beobachteten Ereignisniederschlags prüfen
5. Ereignisniederschlagsmodellierung für Klimamodelle



Multiplres lineares Regressionsmodell

$$RR_E = b_0 + \{b_1 * X_1\} + \{b_2 * X_2\} + \{b_3 * X_3\} + \{b_4 * (X_1 * X_2)\} + \{b_5 * (X_1 * X_3)\}$$

$$RR_E = \sum_{t=0}^{tn} R_{(t)}^6$$

Modelliert wird die Ereignissumme eines Zugbahnereignisses (solange innerhalb TRZ).

$$X_1 = \sum_{t=0}^{tn} w_{(t)}^6$$

Summe der 6-stündlichen Vertikalgeschwindigkeitswerte
→ Hebung (Skalierungsgröße)

$$X_2 = \overline{\sum_{t=0}^{tn} q_{(t)}^{48}}$$

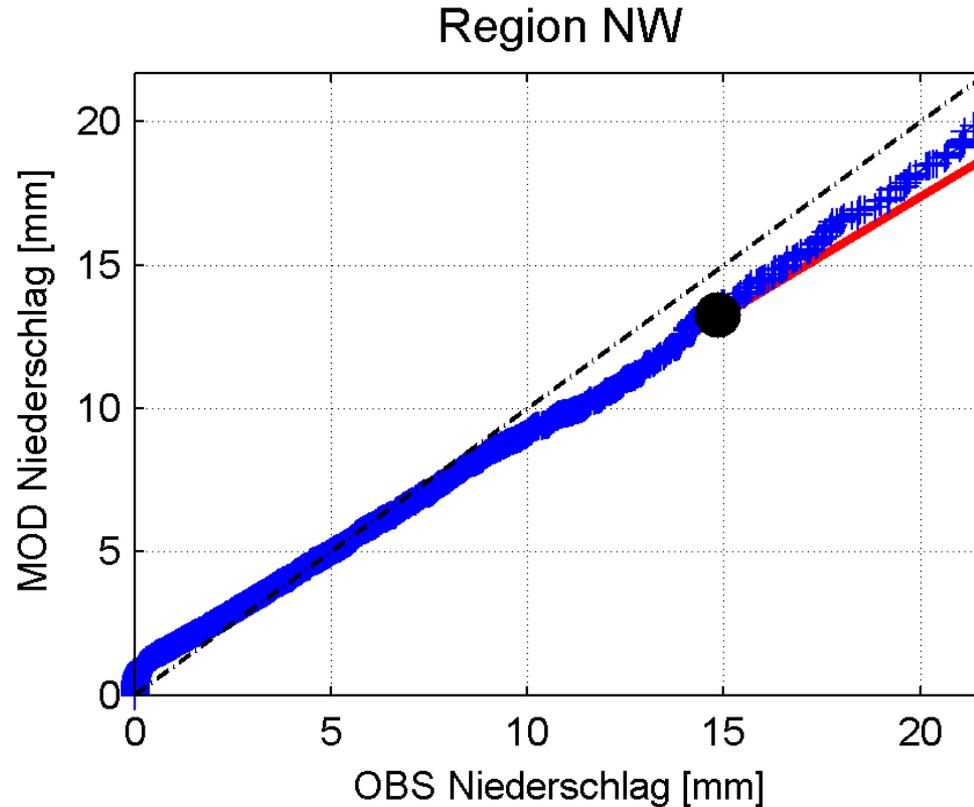
Mittelwert aus den 48h gewichteten gleitenden Mittelwerten für die spezifische Luftfeuchtigkeit
→ potentiell verfügbares Wasser (lokal, keine Advektion)

$$X_3 = \max_{0 \leq t \leq tn} rh_{24}^2$$

Maximum aus den 24h gewichteten gleitenden Mittelwerten für die relative Luftfeuchtigkeit zum Quadrat

Reproduzierbarkeit des beobachtete Ereignisniederschlags

Quantil-Quantil Plot, 700hPa, ERA-40, 1961-2000, Pzt.95 (= schwarzer Punkt, Wert nach der GPD Extremwertanalyse), auf Jahresbasis



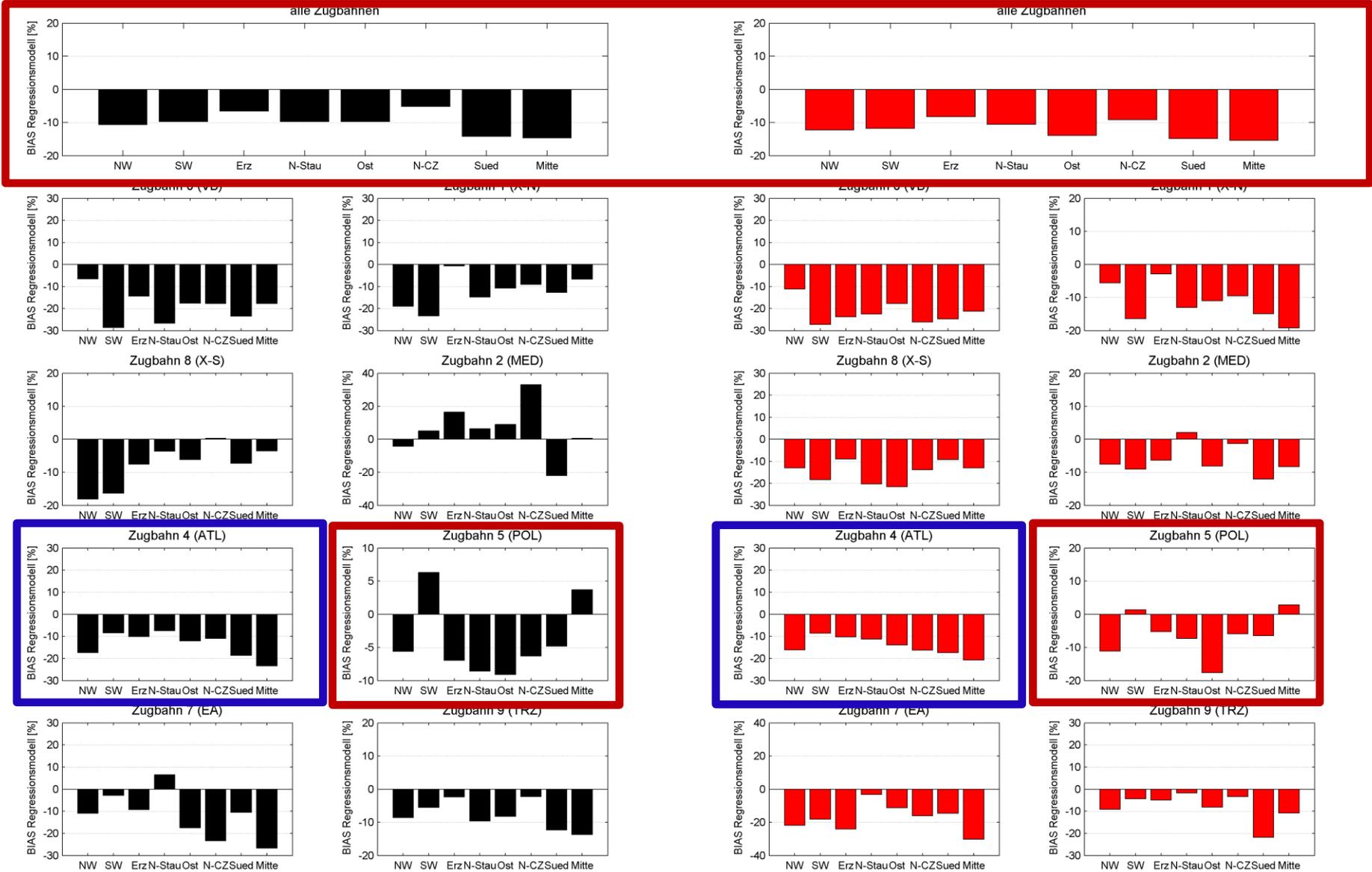
BIAS Regressionsmodell (Jahresbasis)

ERA-40, 700hPa, 1961-2000

relative Niederschlagsabweichung: $e40_{MOD} - e40_{OBS}$
 Q95, 700, Zeitraum: 1961-2000

ERA-40, SLP, 1961-2000

relative Niederschlagsabweichung: $e40_{MOD} - e40_{OBS}$
 Q95, SLP, Zeitraum: 1961-2000



Reproduzierbarkeit des beobachtete Ereignisniederschlags

Zusammenfassung

- Allgemein wird der **Ereignisniederschlag vom Regressionsmodell unterschätzt**
- Es zeigen sich Unterschiede in der Güte des modellierten Niederschlages (**Regionsspezifikum**).
 - Weitere Prozesse in bestimmten Regionen relevant die nicht erfasst werden.
- **Im Fall von Vb Zugbahnen zeigt sich ein deutlicher Vorteil in der differenzierten Herangehensweise.**

Bestimmung der ‚Klimamodell-Güte‘ i.d. statistischen Niederschlagsmodellierung

- Durchführung einer **GPD Anpassung** für die mit dem Regressionsmodell modellierten Ereignisniederschlagswerte je Klimamodell (Bestimmung des 95.pct Ereignisniederschlagswertes):
- Daraus werden anschließend mit Hilfe der beobachteten 95 Pzt. Werte die absolute und relative Abweichung der Ereignisniederschlagswerte bestimmt.

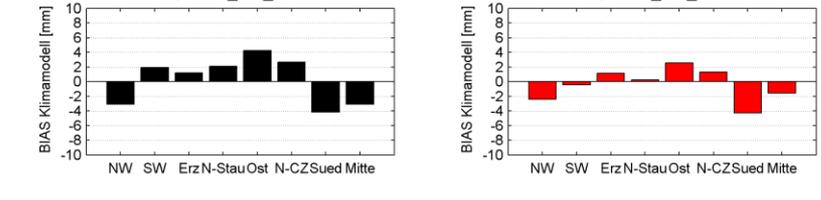
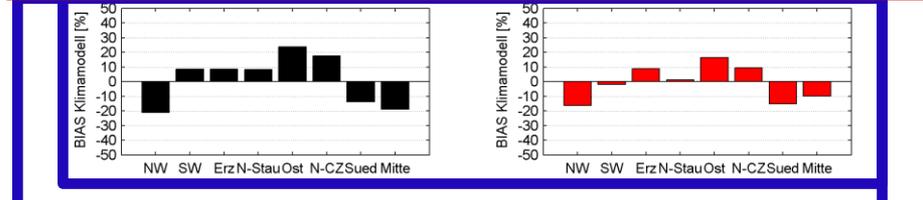
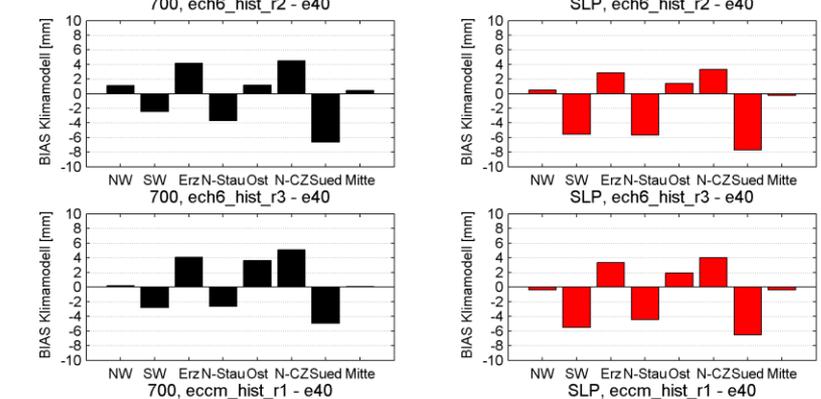
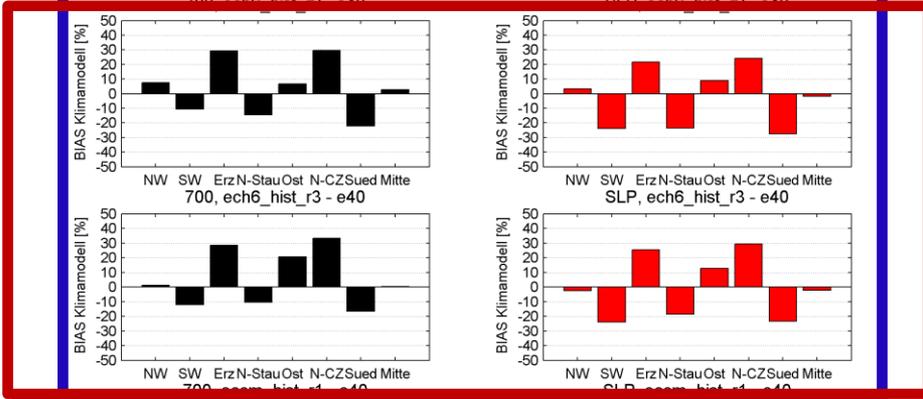
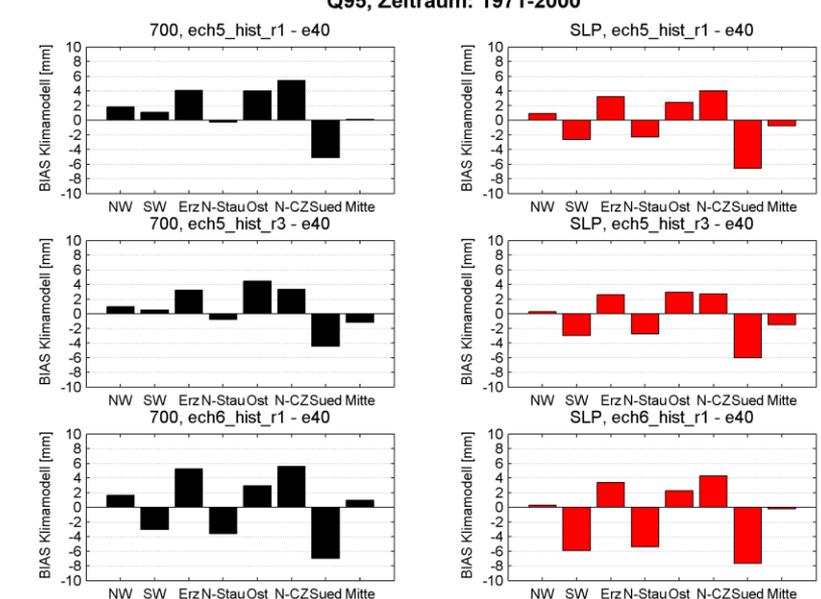
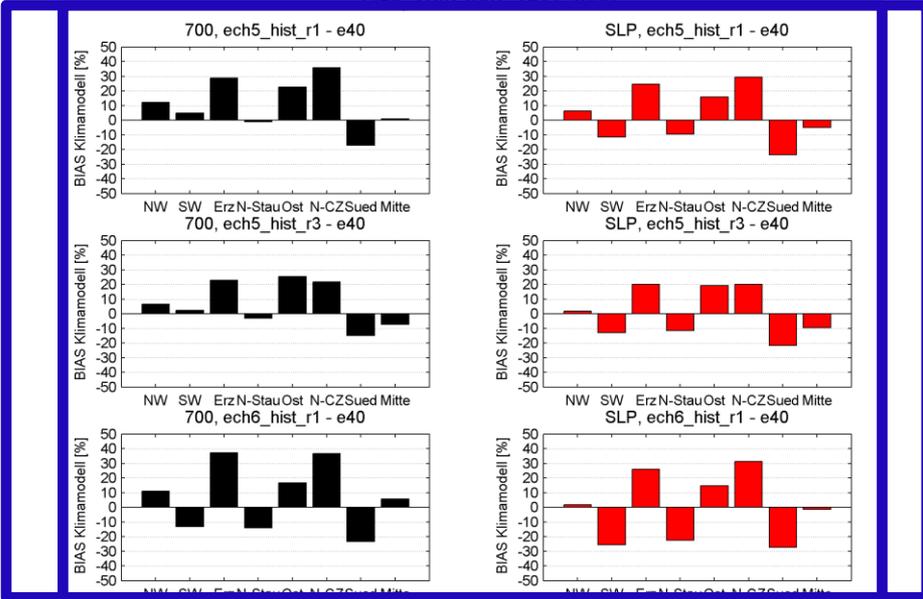
Klimamodell-BIAS (Jahresbasis)

700hPa, 1971-2000

SLP, 1971-2000

relative Niederschlagsabweichung:
Q95, Zeitraum: 1971-2000

absolute Niederschlagsabweichung:
Q95, Zeitraum: 1971-2000

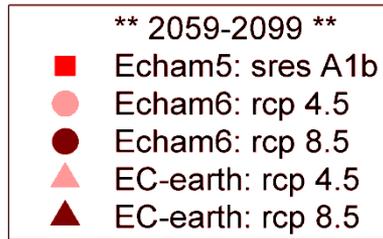
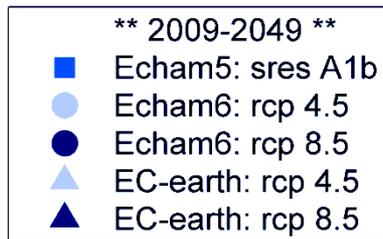


Zusammenfassung: Güte Klimamodelle Niederschlagsmodellierung

- **Alle Klimamodelle gewährleisten eine relativ gute Niederschlagsmodellierung** (Kleinste Fehler auf Jahresbasis alle Zugbahnen).
- **Jedes Klimamodell hat seine eigene Charakteristik und der Ereignisniederschlag wird abhängig von der Region über- oder unterschätzt.**
- Die Methode ist konsistent, da die Änderungen in 700hPa und SLP ähnlich hinsichtlich der regionalen Charakteristik sind, obwohl beide Niveaus unabhängig voneinander bearbeitet werden.
- Am auffälligsten sind die **Ähnlichkeiten zwischen allen Runs der Klimamodelle ECHAM5 und ECHAM6.**
- Im Gegensatz dazu zeigt **EC-Earth eine eigene Modellcharakteristik.**

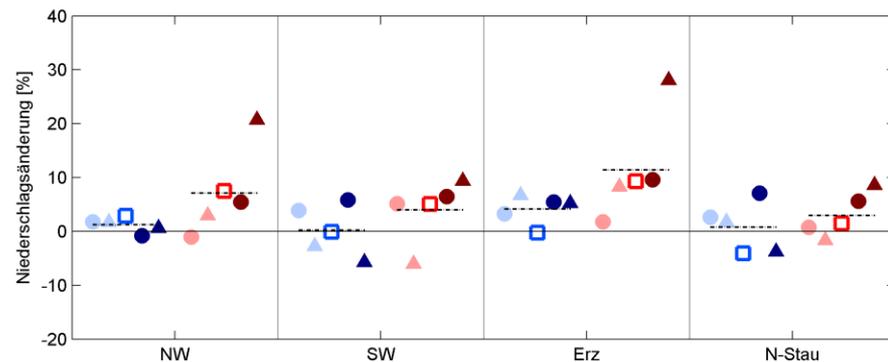
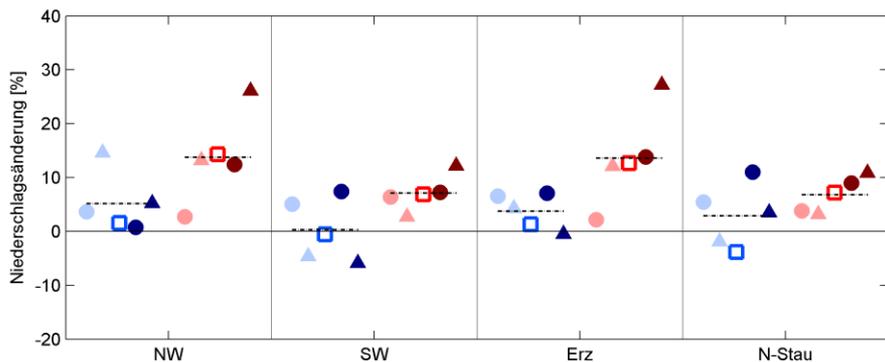
Veränderung Klimazukunft
Starkniederschlagsmengen

Änderungen in der Starkniederschlagsmenge, alle Zugbahnereignisse, Gesamtjahr



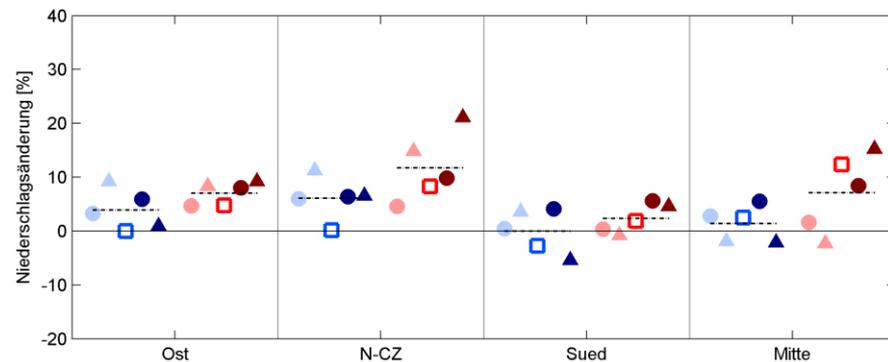
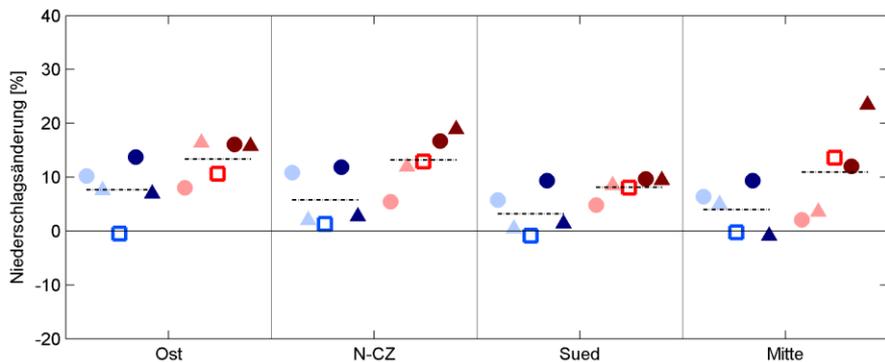
700hPa

MSLP



A

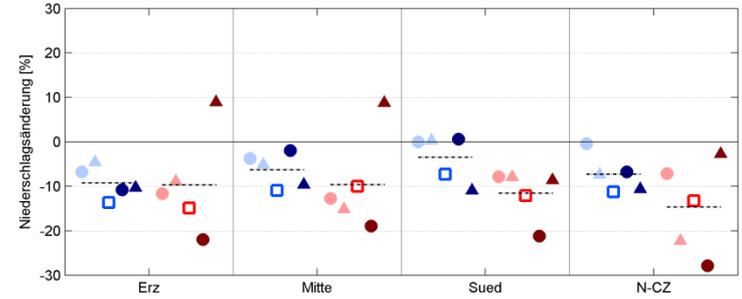
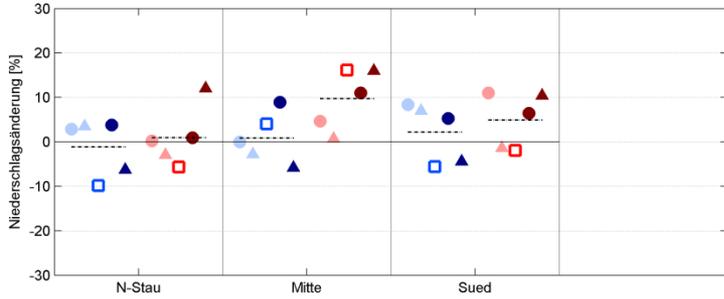
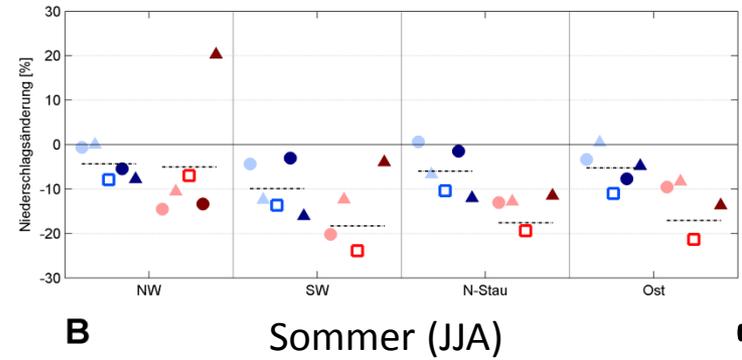
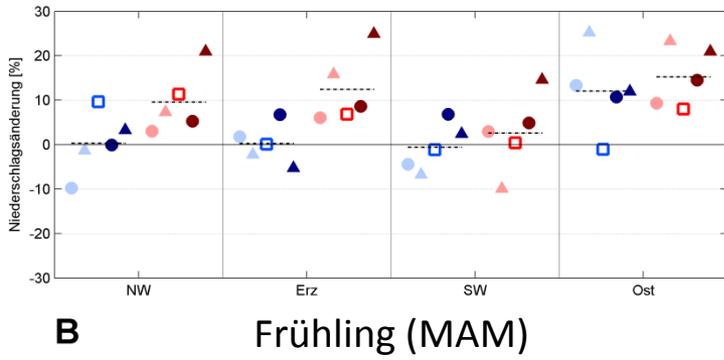
A



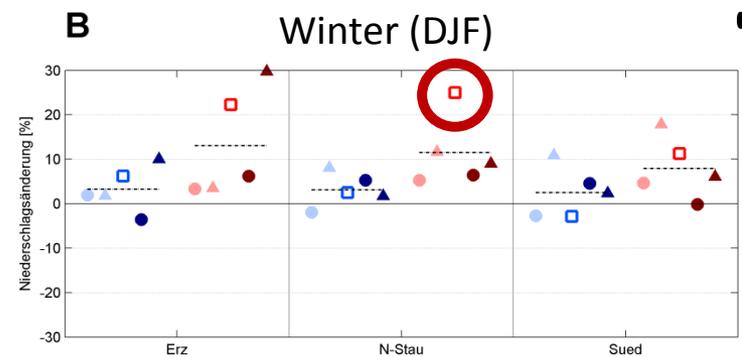
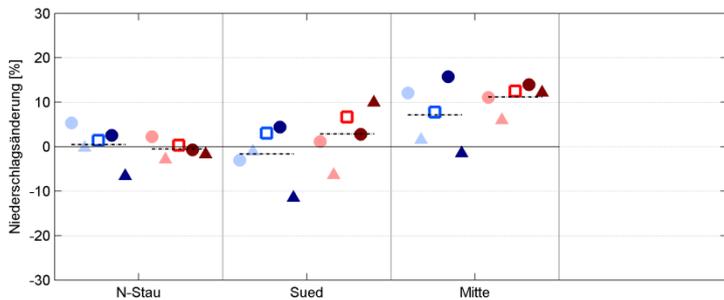
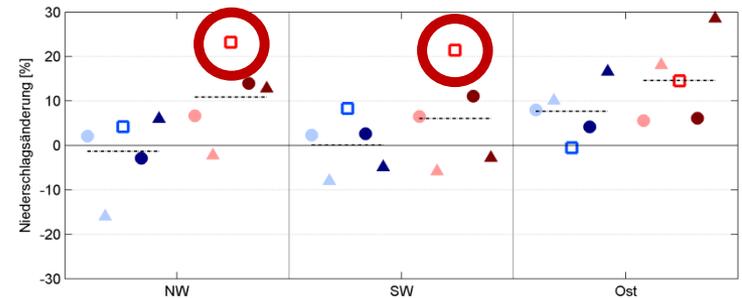
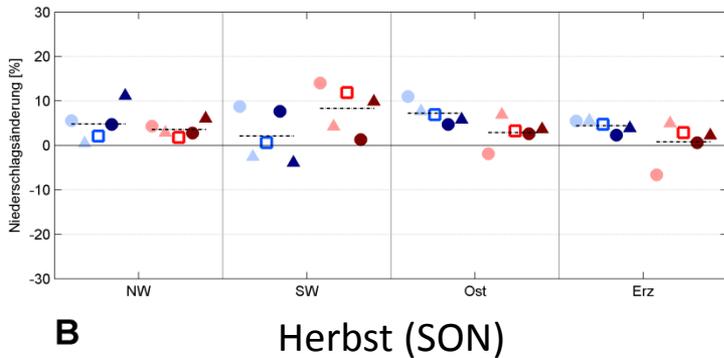
Zukunftsänderungen auf Jahresbasis

Zusammenfassung

- In der ersten Zeitscheibe sind die Änderungen unterschiedlich/schwach.
- In der zweiten zeigt sich generell eine **leichte Zunahme** in den Starkniederschlagsmengen (+5% bis +15%) und deren Auftrittshäufigkeit (5 bis 7 Mal in 100 Jahren)
- Der Verlauf der Änderungen ist **in beiden Druckniveaus synchron**.
- **Deutlichen Anstieg in der zweiten Auswertungsperiode.**
- **RCP8.5 ist das deutlich feuchtere Szenario.**
- Die Unsicherheiten bewegen sich in einem überschaubaren Rahmen (-5% bis 20%), robuste Ergebnisse auf Jahresbasis (ohne Stratifizierung).



Änderung in der Starkniederschlagsmenge, MSLP



Zukunftsänderungen saisonal

Zusammenfassung

Frühling

- Keine Änderung bis 2050, +5% bis +25% bis 2100 (v.a. nördliche Regionen)

Sommer

- 0% bis -15% bis 2100 in allen Regionen, geringste im Nordwesten und Mitte.

Herbst

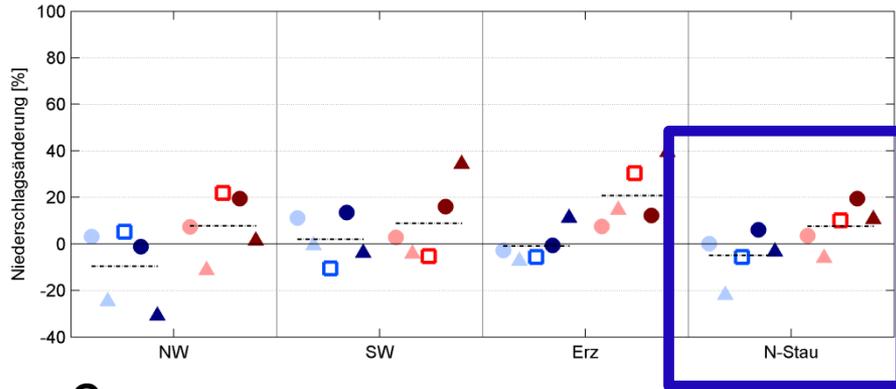
- Schwache Änderungen, Klimasignale uneinheitlich, Aussagen unsicher (ECHAM5: überwiegend eine Zunahme, ECHAM6 und EC-Earth: gemischte Signale)

Winter

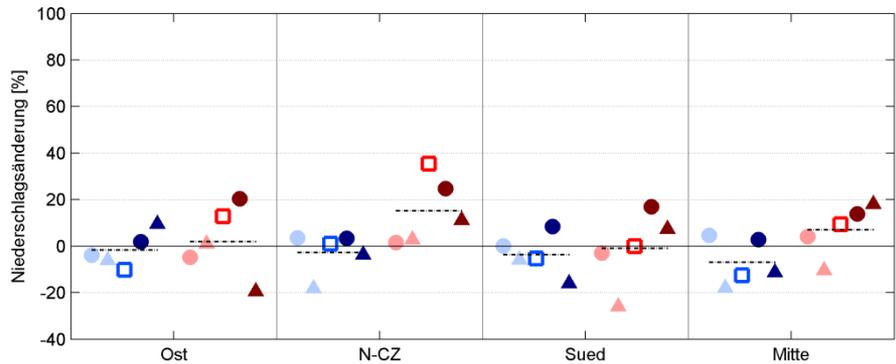
- Unklare und schwache Änderungen bis 2050, danach +10% bis +20% Zunahme vor allem in den nördlichen Regionen.

Zukunftsänderungen Spezialauswertung Vb Zugbahnen (MSLP)

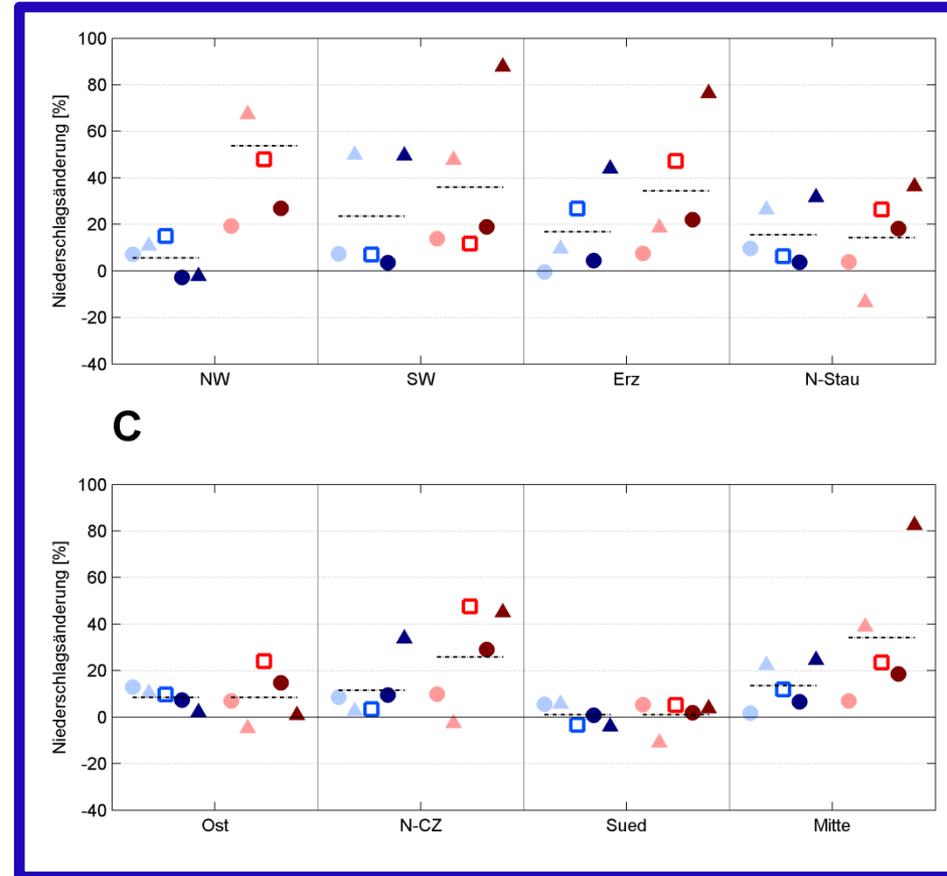
Sommerhalbjahr (MJJASO)



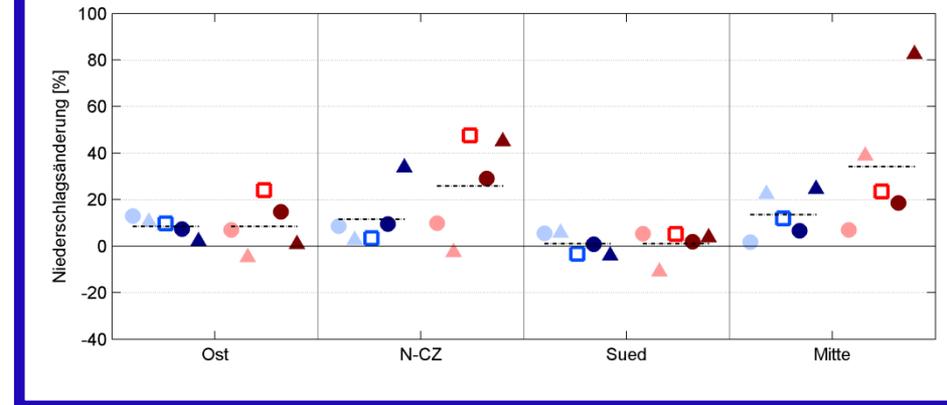
C



Winterhalbjahr (NDJFMA)



C



Winter: **Unsicherheiten größer** i.d. statistischen Modellierung!

Zukunftsänderungen Spezialauswertung Vb

Zusammenfassung

Sommerhalbjahr (Mai-Okt)

- Generell schwache Änderungen und zum Teil sogar leichte Abnahmen (Nordwesten und Mitte). Bis 2100 Zunahmen von +10% bis +20% N-CZ und Erzgebirge.

Winterhalbjahr (Nov-April)

- Echam5/6: Größere relative Änderungen als im Sommer von +15% bis +30%. Geringste Zunahme im Süden.

Veränderung Starkniederschlagsmengen Zukunft – Vergleich:

- Generell sind die Änderungen in 700hPa größer als in MSLP.
- Zwischen den Emissionsszenarien gibt es keine klar erkennbaren Unterschiede, tendenziell sind die Änderungen in RCP_8.5 etwas stärker als in A1B oder RCP_4.5.
- Die Änderungen sind in der Periode 2021-2050 deutlich geringer (teils sogar gegenläufig) als in der späten Zeitperiode 2071-2100.
- Im Modellvergleich ist Echam5 dem Modell Echam6 ähnlicher als zu EC-Earth. EC-Earth zeigt meist die stärksten Änderungssignale. (teils auch Ausreißer)

Mittel über alle Modelle:

- Frühling/Winter Zunahme bis +20% (nördliche)
- Sommer bis -15% (südliche)
- Starkniederschlagshäufigkeiten Analogie zu Mengen



B2 – Veränderung großräumiger Starkniederschläge im Klimawandel: NIEDERSCHLAG - Zirkulationstypen

Universität Augsburg: Prof. J. Jacobeit, M. Homann, A. Beck und A. Philipp



Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

