

# Ein Klimaszenario für Mitteleuropa

Klaus Keuler

Lehrstuhl für Umweltmeteorologie

BTU Cottbus

Ergebnisse der Szenarienrechnungen  
Grundlagen Modellsimulationen  
Bewertung der simulierten Klimaänderungen  
Ergebnisse des DEKLIM Verbundprojektes

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

QUIRC

**ERGEBNISSE  
REGIONALER  
SZENARIENRECHNUNGEN**

Klimasimulationen

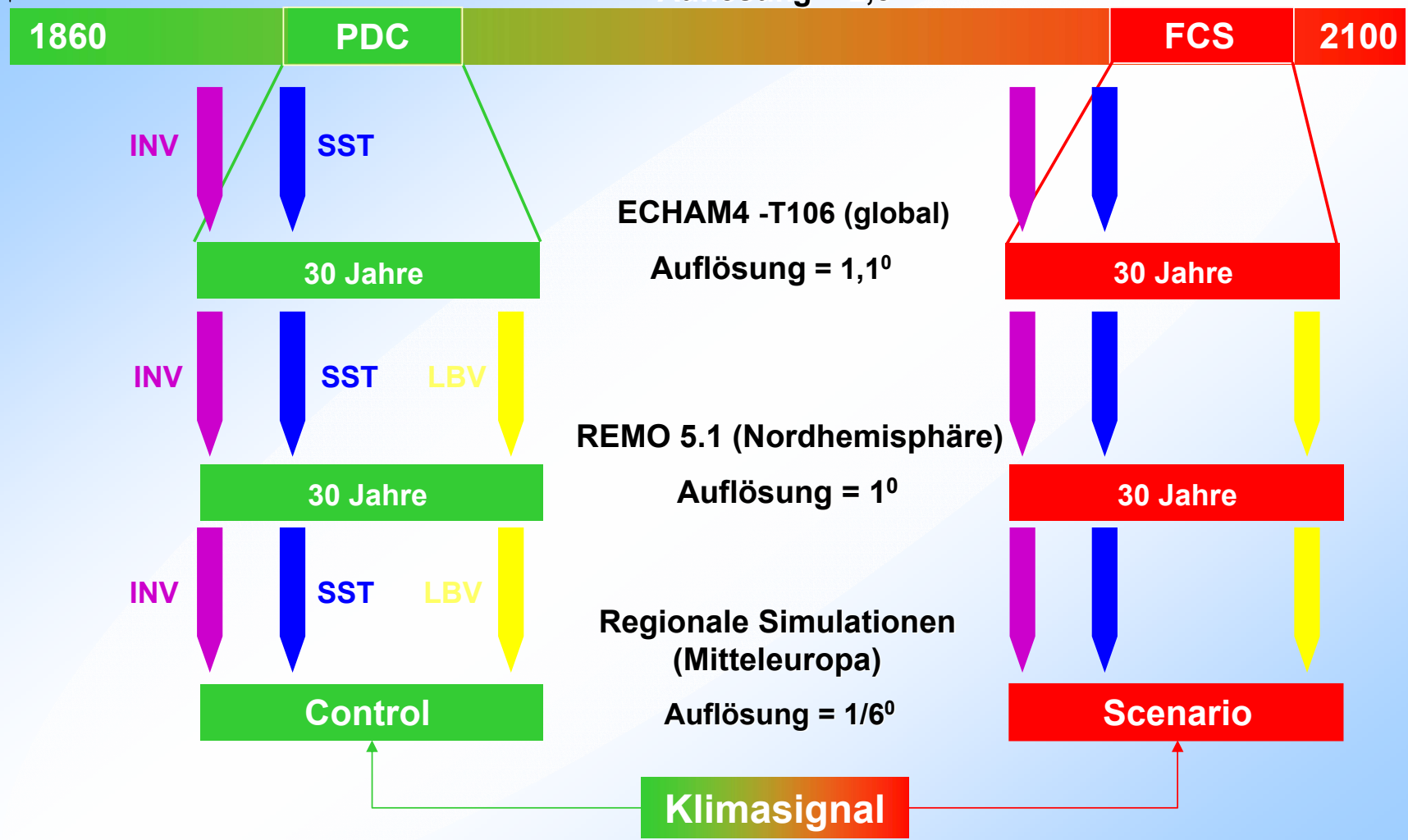
# Regionale Szenarienrechnungen

- Regionalisierung globaler Szenariensimulationen mit dynamisch genesteten regionalen Klimamodellen
  - Globales Modell:
    - ECHAM4-T42 + OPYC
    - Auflösung ca. 300 km
  - Regionale Modelle:
    - REMO 5.0 (BTU Cottbus)
    - REMO 5.3 (MPI Hamburg)
    - MM5 (IMK Garmisch-P.)
    - Auflösung ca. 18 km
  - Vorgabe zeitabhängiger Randwerte alle 6 h
  - Simulation zweier 30-jähriger Zeitscheiben
    - 1960-1989 (PDC)
    - 2070-2099 (FCS)
  - Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen
    - IPCC SRES B2 Szenario (610 ppb CO<sub>2</sub> in 2100)

# Transiente Klimasimulation mit globalem Modell ECHAM4-T42 + OPYC

Zeit

Auflösung = 2,8°



INV = initial values

SST = sea surface temperatures

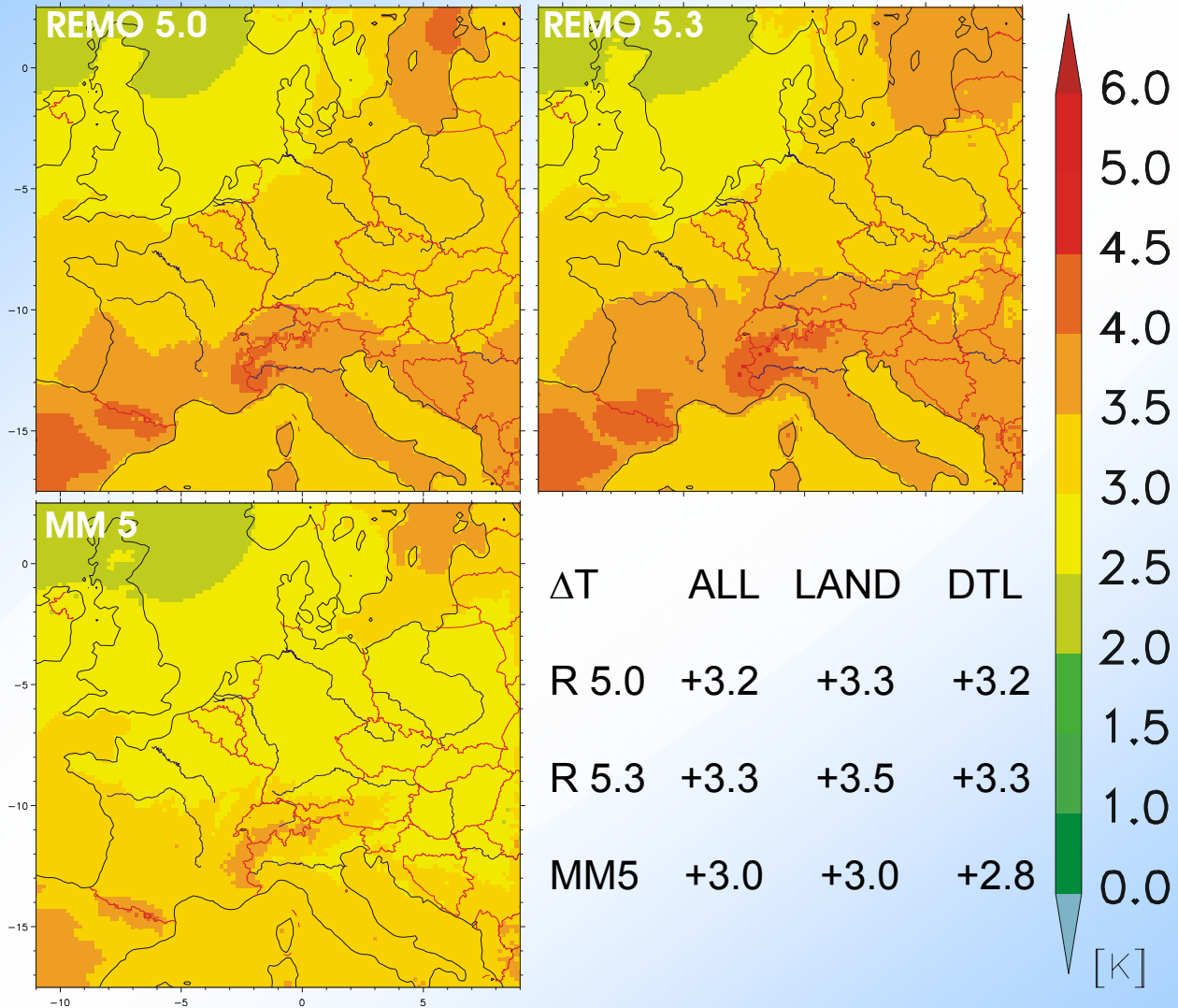
LBV = lateral boundary values

Klimasimulationen

Unsicherheiten

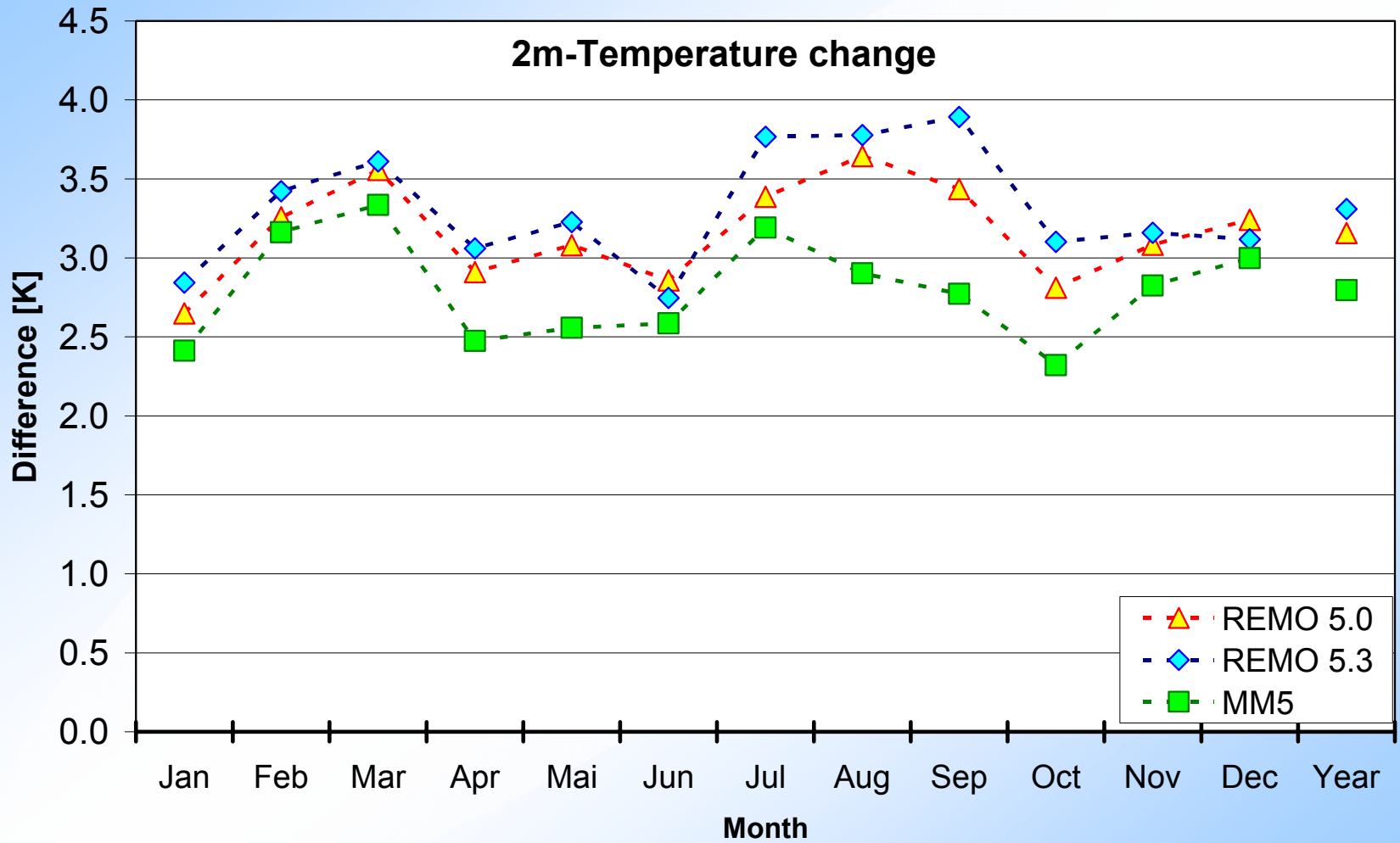
Bewertung

# Änderung Jahresmitteltemperatur



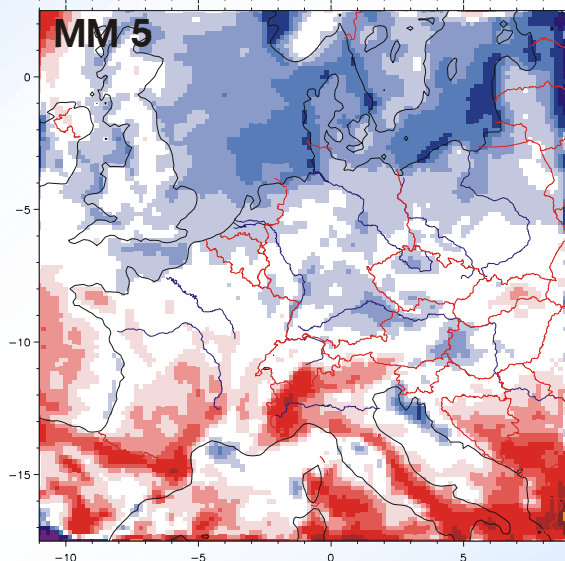
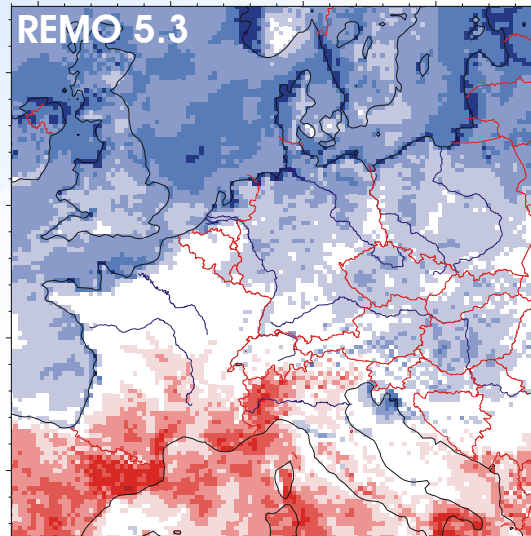
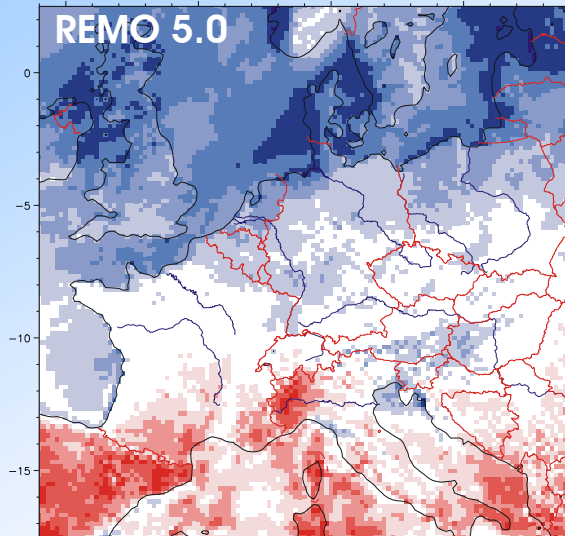
# Temperaturänderung Deutschland

Scenario - Control

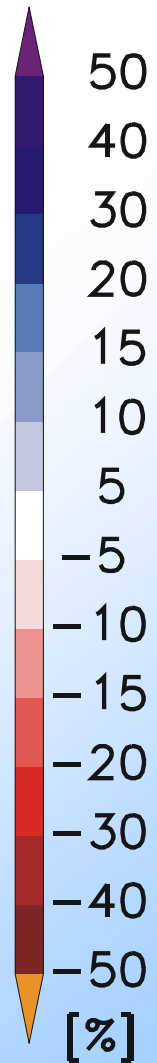




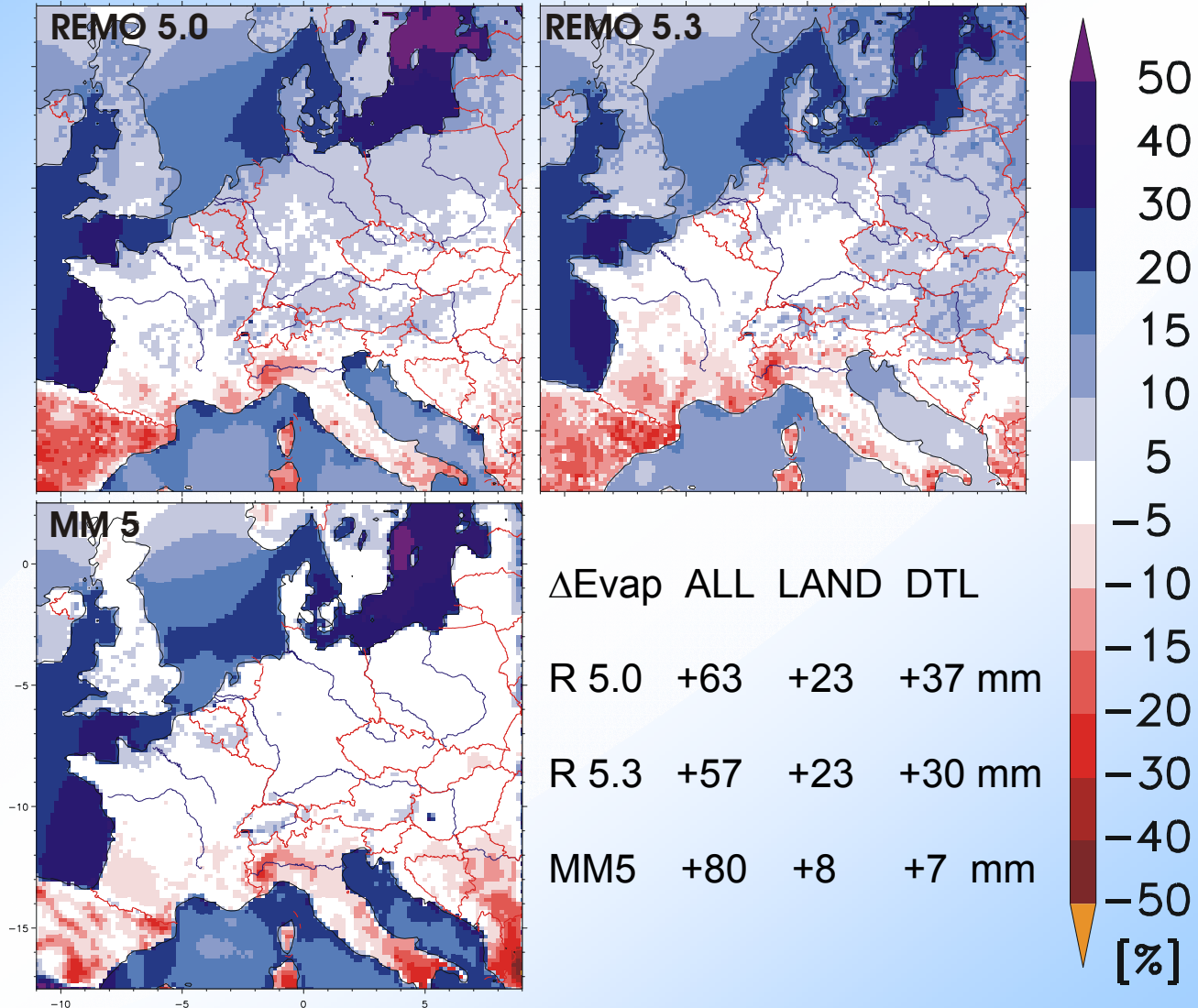
# Änderung Jahresniederschlag



$\Delta p$	ALL	LAND	DTL
R 5.0	+58	+38	+55 mm
R 5.3	+57	+42	+61 mm
MM5	+21	+7	+54 mm

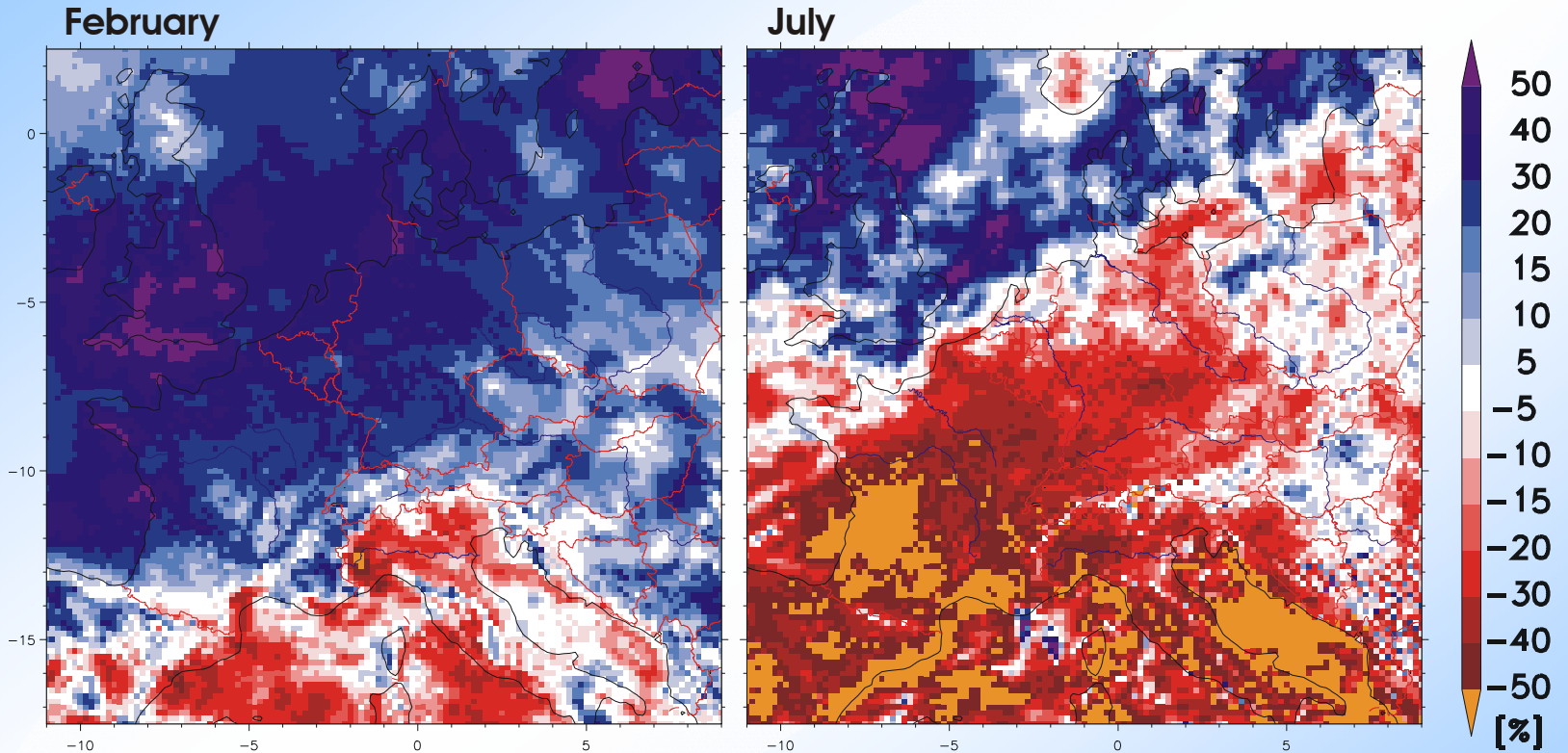


# Änderung Jahresverdunstung



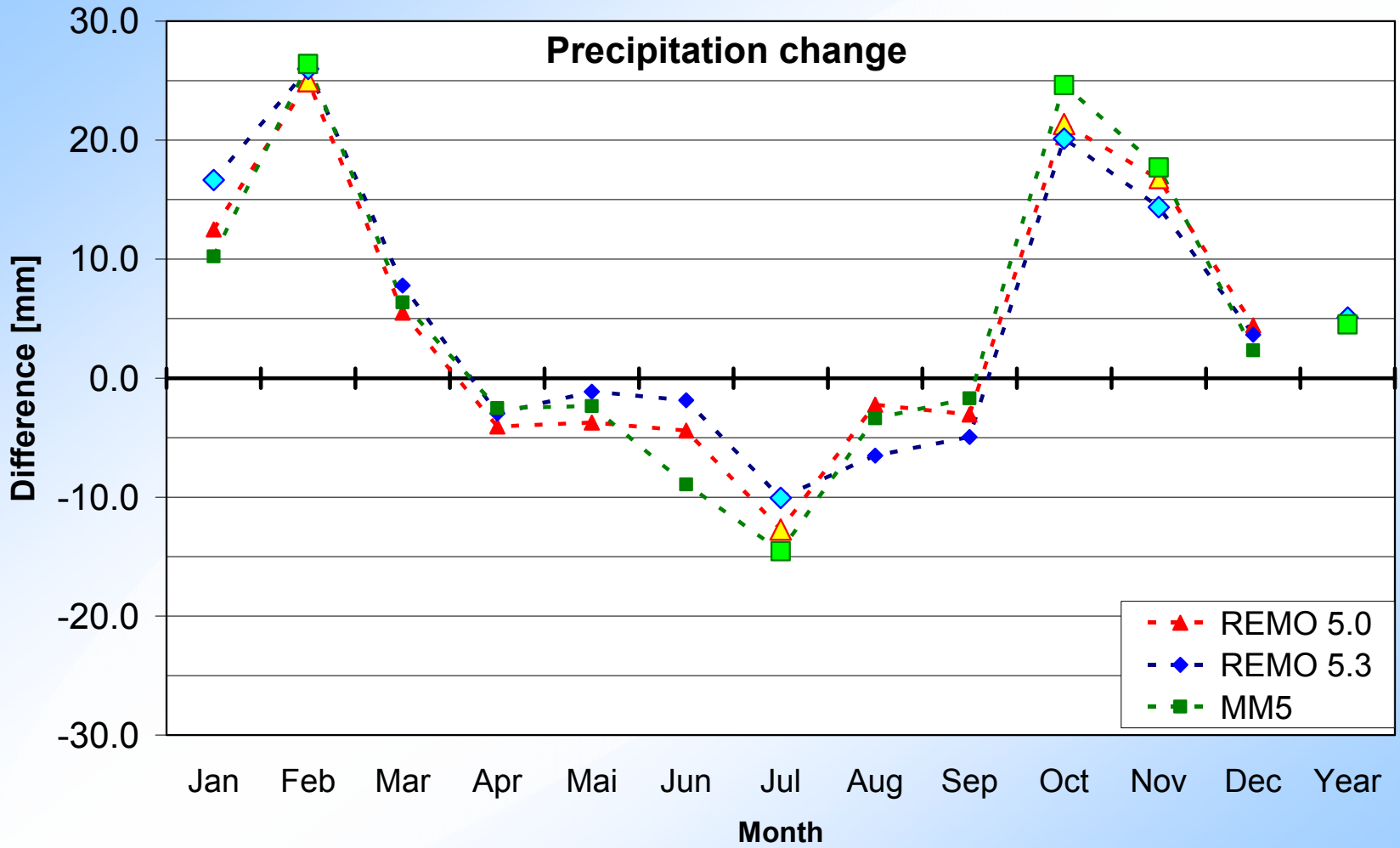


# Änderung Monatsniederschlag



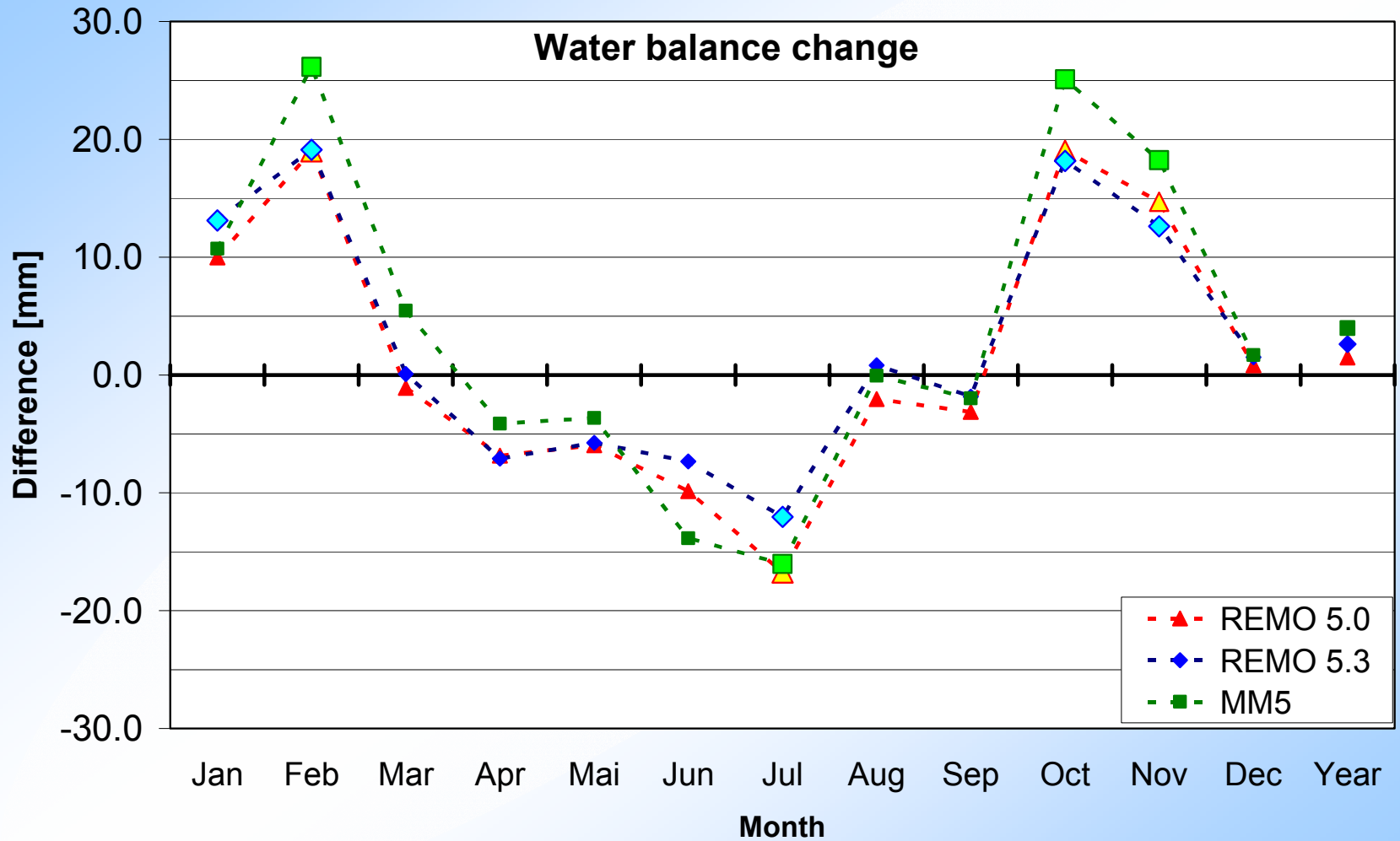
# Niederschlagsänderung Deutschland

Scenario - Control



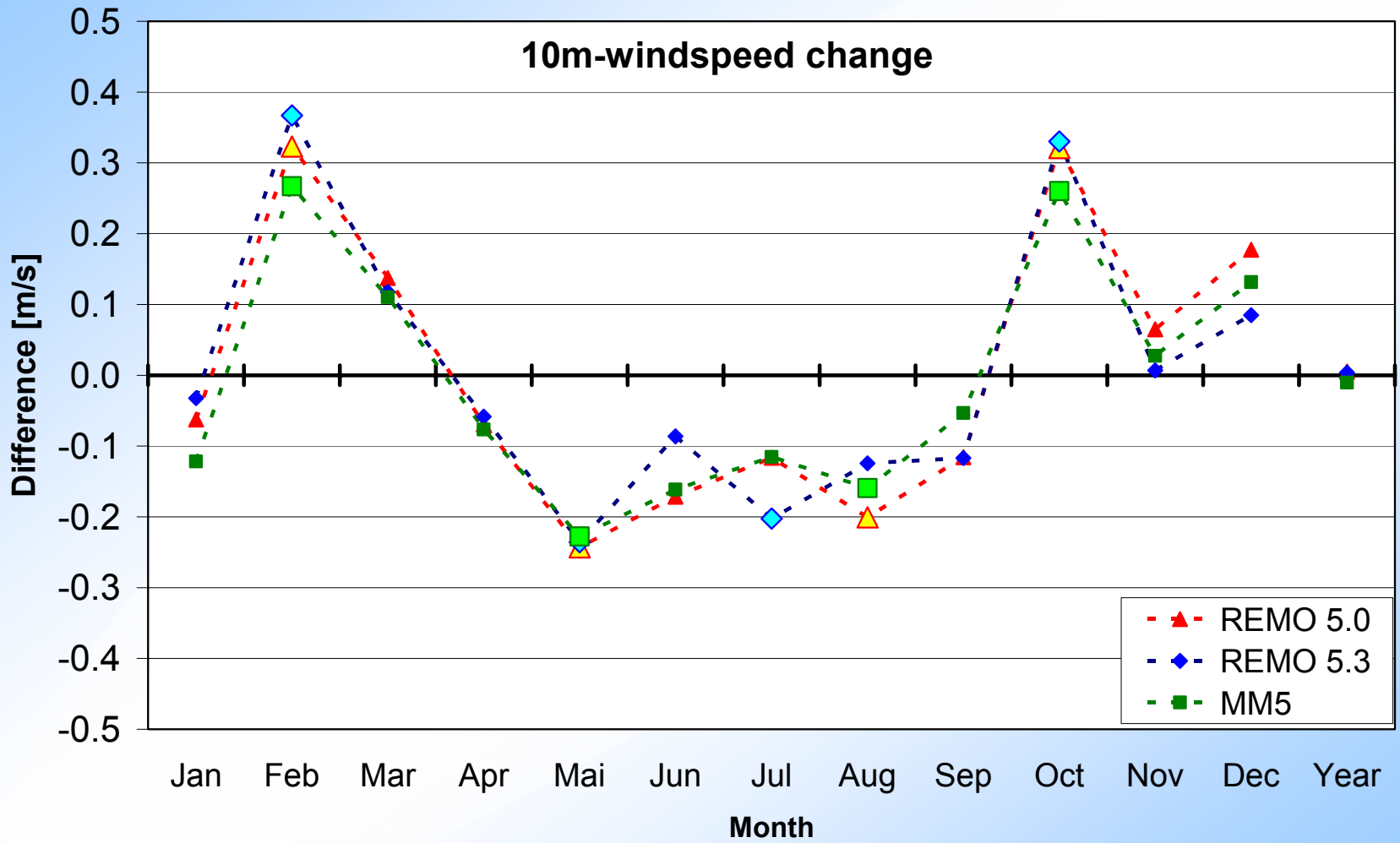
# Änderung PP-Evap Deutschland

Scenario - Control

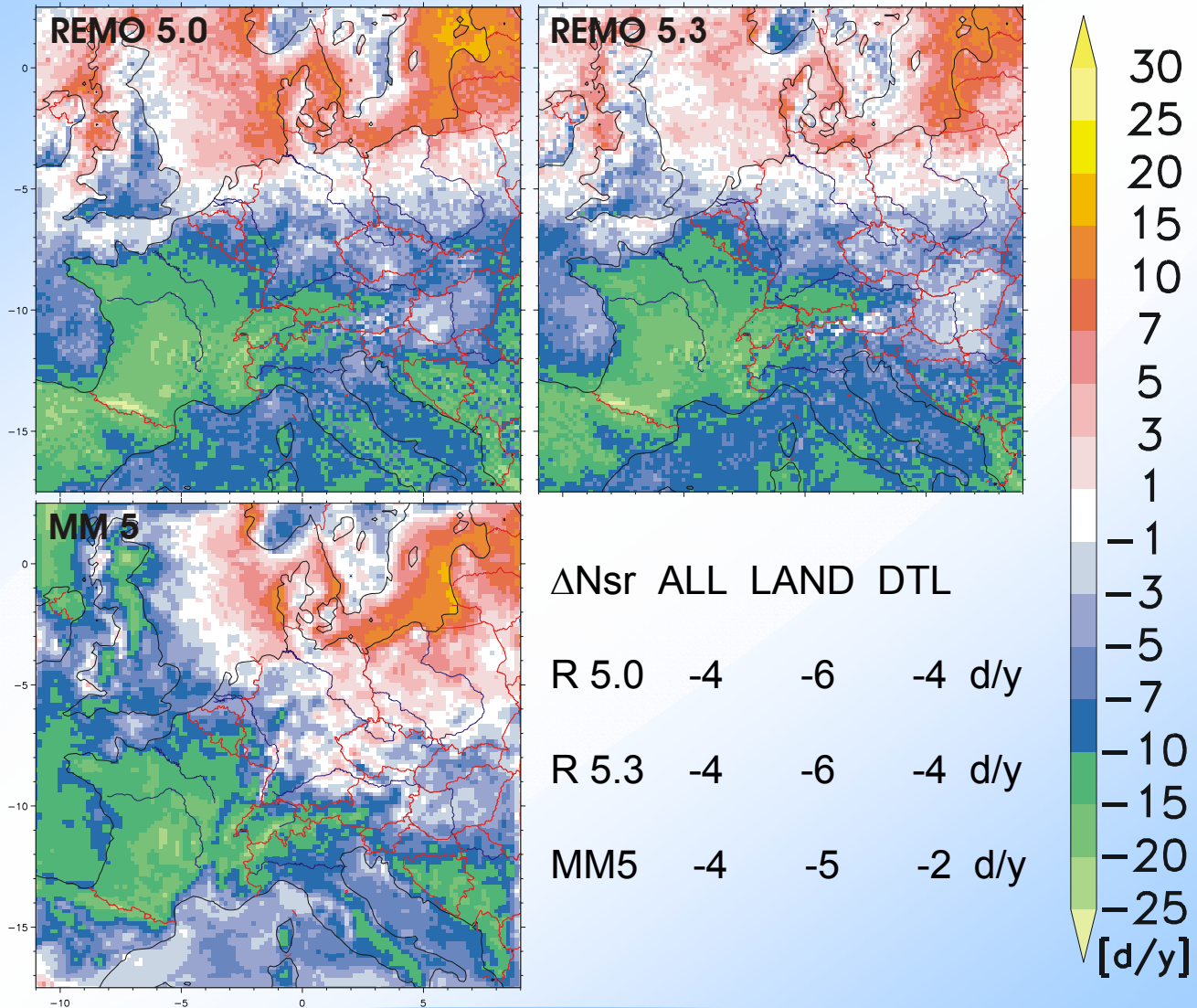


# Änderung Windgeschwindigkeit

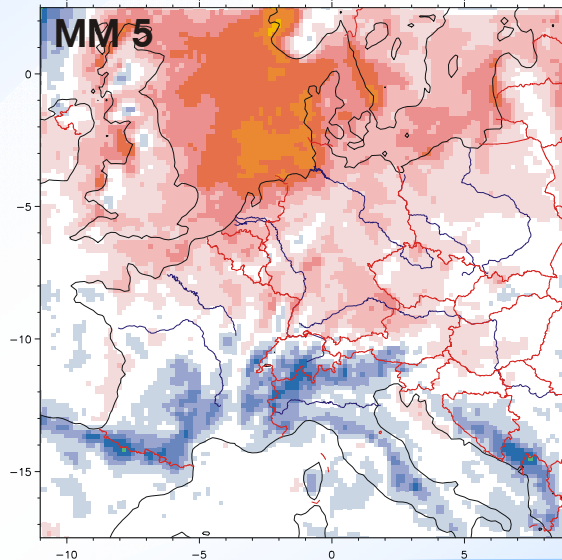
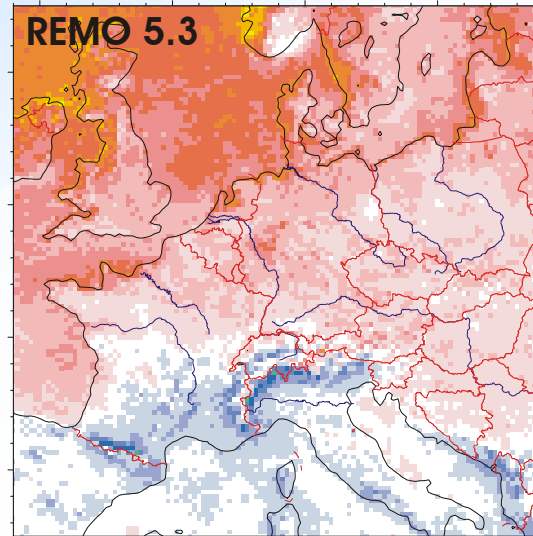
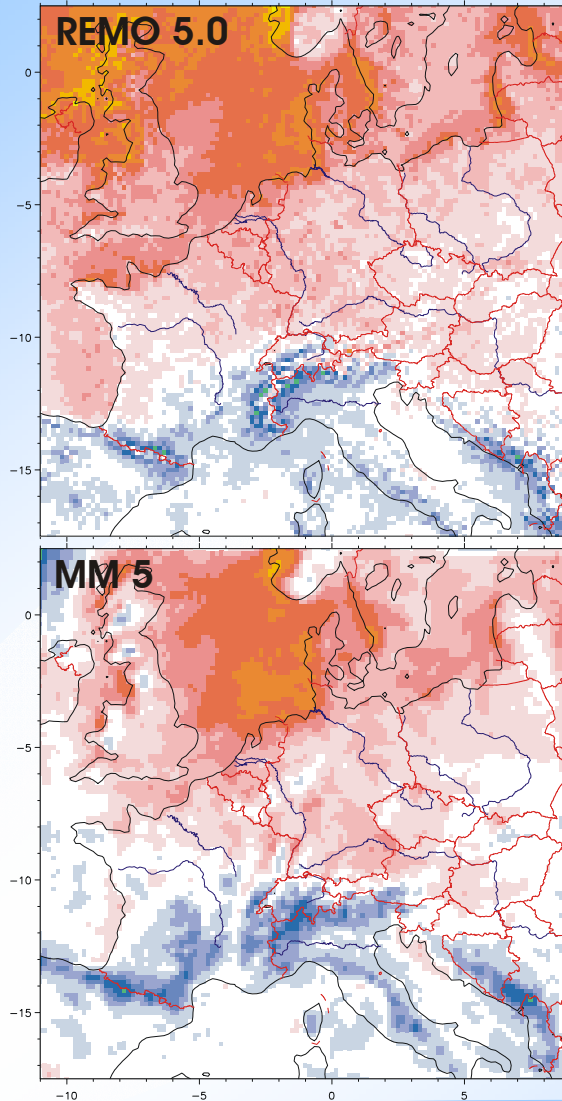
Scenario - Control



# Änderung Niederschlagstage (> 1 mm)



# Änderung Niederschlagstage (> 10 mm)

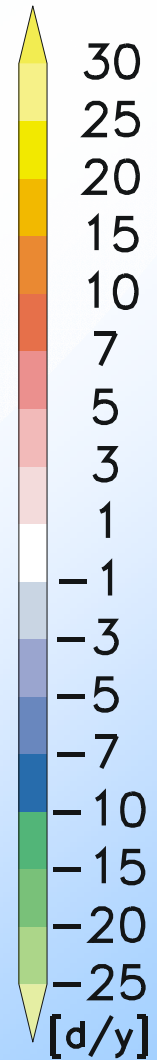


$\Delta$ Nir ALL LAND DTL

R 5.0 +3 +2 +4 d/y

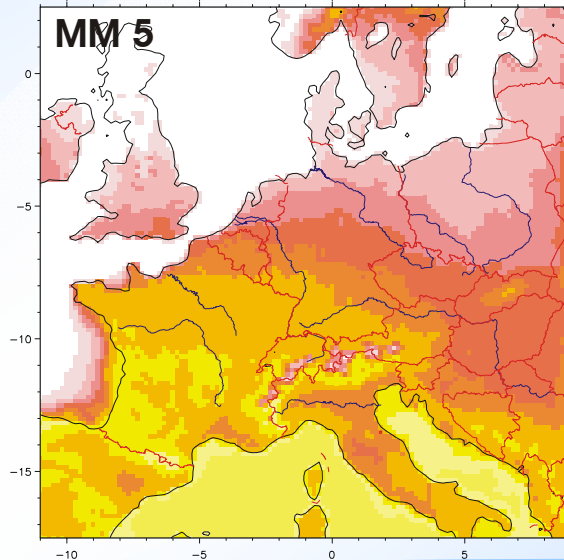
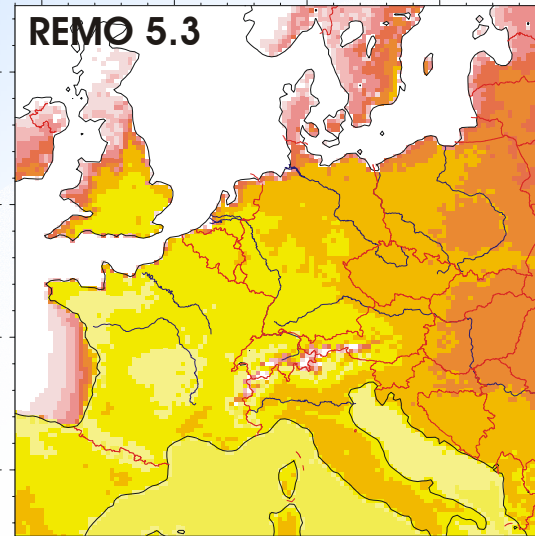
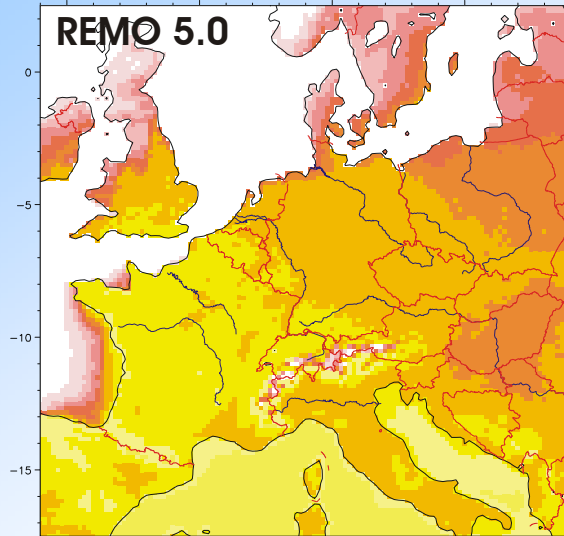
R 5.3 +3 +2 +4 d/y

MM5 +2 +1 +3 d/y

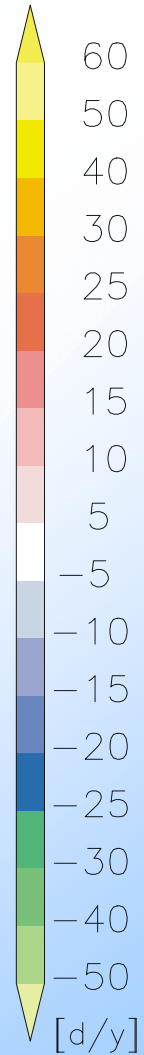




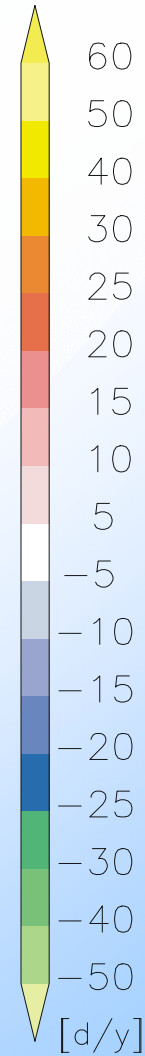
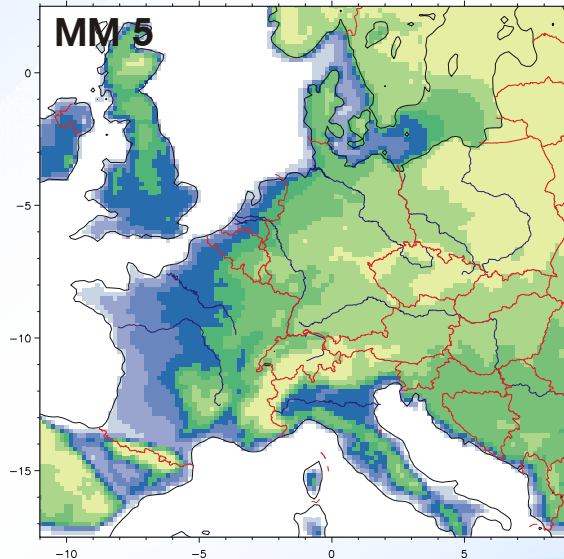
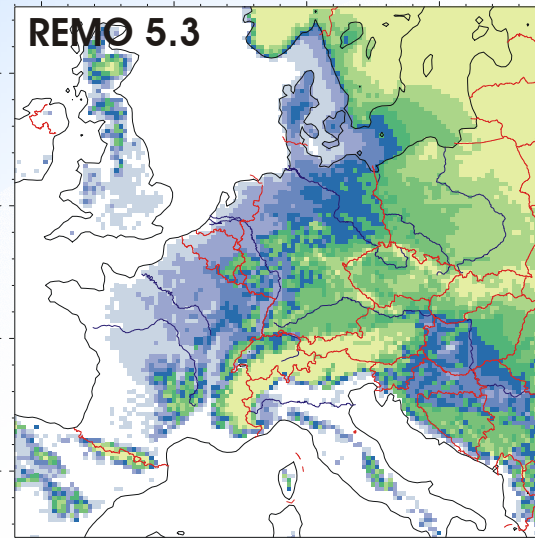
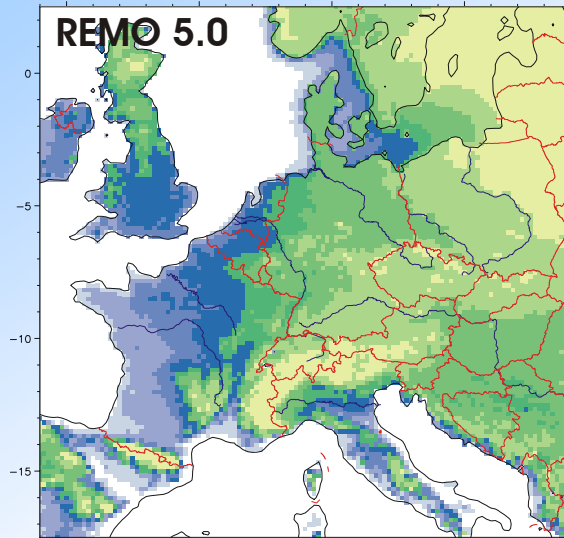
# Änderung Sommertage (Tmax > 25 °C)



$\Delta N_s$	ALL	LAND	DTL	
R 5.0	+29	+33	+36	d/y
R 5.3	+29	+33	+38	d/y
MM5	+23	+25	+23	d/y



# Änderung Frosttage ( $T_{min} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

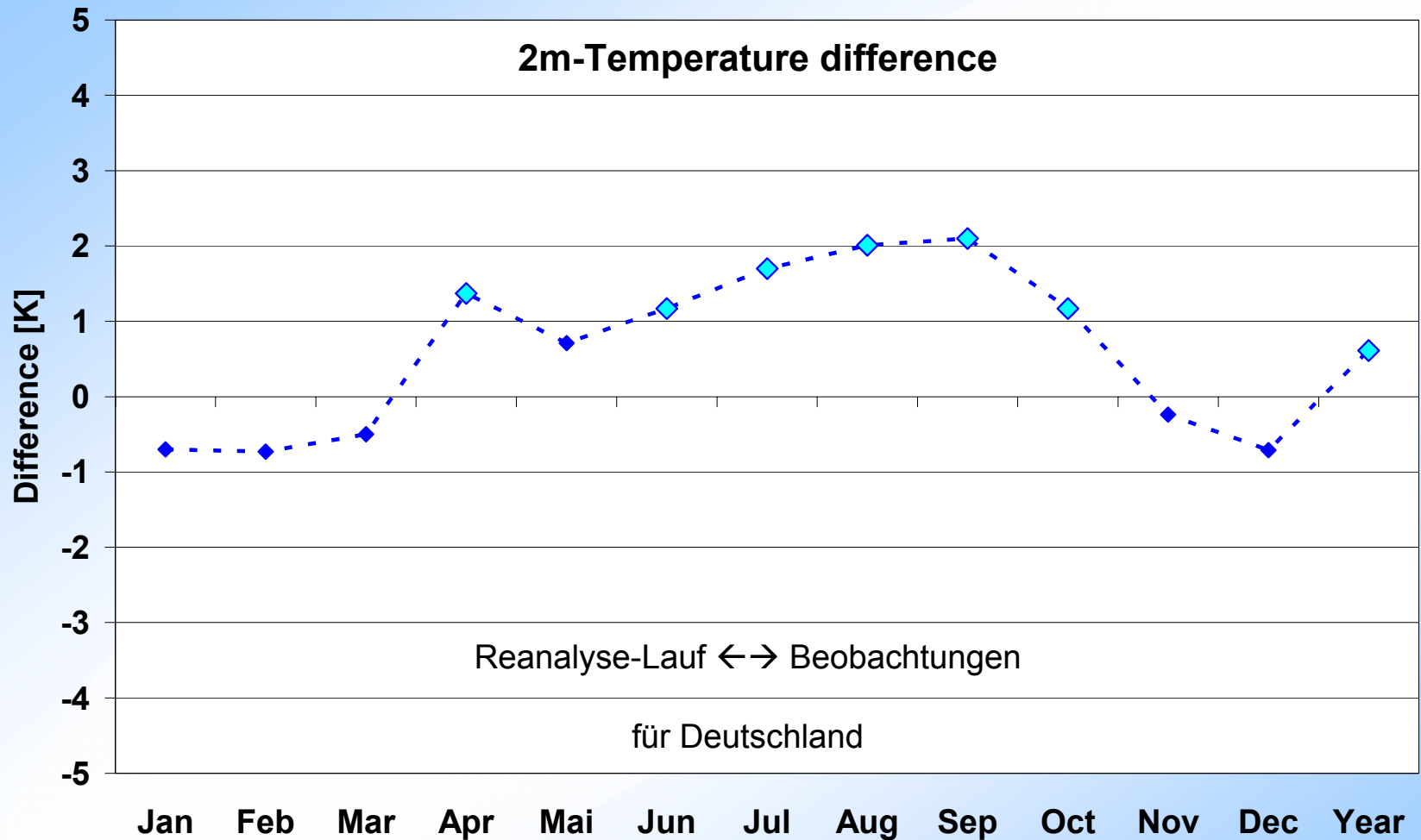


$\Delta N_f$	ALL	LAND	DTL	
R 5.0	-24	-33	-37	d/y
R 5.3	-19	-25	-26	d/y
MM5	-26	-36	-41	d/y

# **GÜTE DER MODELLSIMULATIONEN**

**Unsicherheiten**

# Ein alternatives Szenario



# Evaluierungssimulationen

- Simulation des gegenwärtigen Klimazustandes
  - 15 Jahre Regionalsimulation 1979 – 1993
  - 5 verschiedene Regionalmodelle
    - REMO 5.0, REMO 5.1, MM5, CLM 2.0, CLM 2.1
    - BTU Cottbus, MPI-M Hamburg, IMK Garkisch-P., PIK-Potsdam, GKSS Geesthacht
  - Auflösung ca. 18 km
  - Antrieb aus ECMWF Reanalysen ERA 15
- Vergleich mit Referenzdaten
  - Interpolierte Stationsbeobachtungen von DWD, CRU, GPCC
  - ECMWF Reanalysen
  - Verschiedenen Datensätze für mehrere Klimaparamter
    - pressure (MSLP), T, precip., diurnal temp. range (DTR)
    - wind velocity  $|v|$ , specific humidity ( $q_v$ )
    - summer days (Ns), frost days (Nf),
    - significant raindays (Nsr), intensive raindays (Nir)

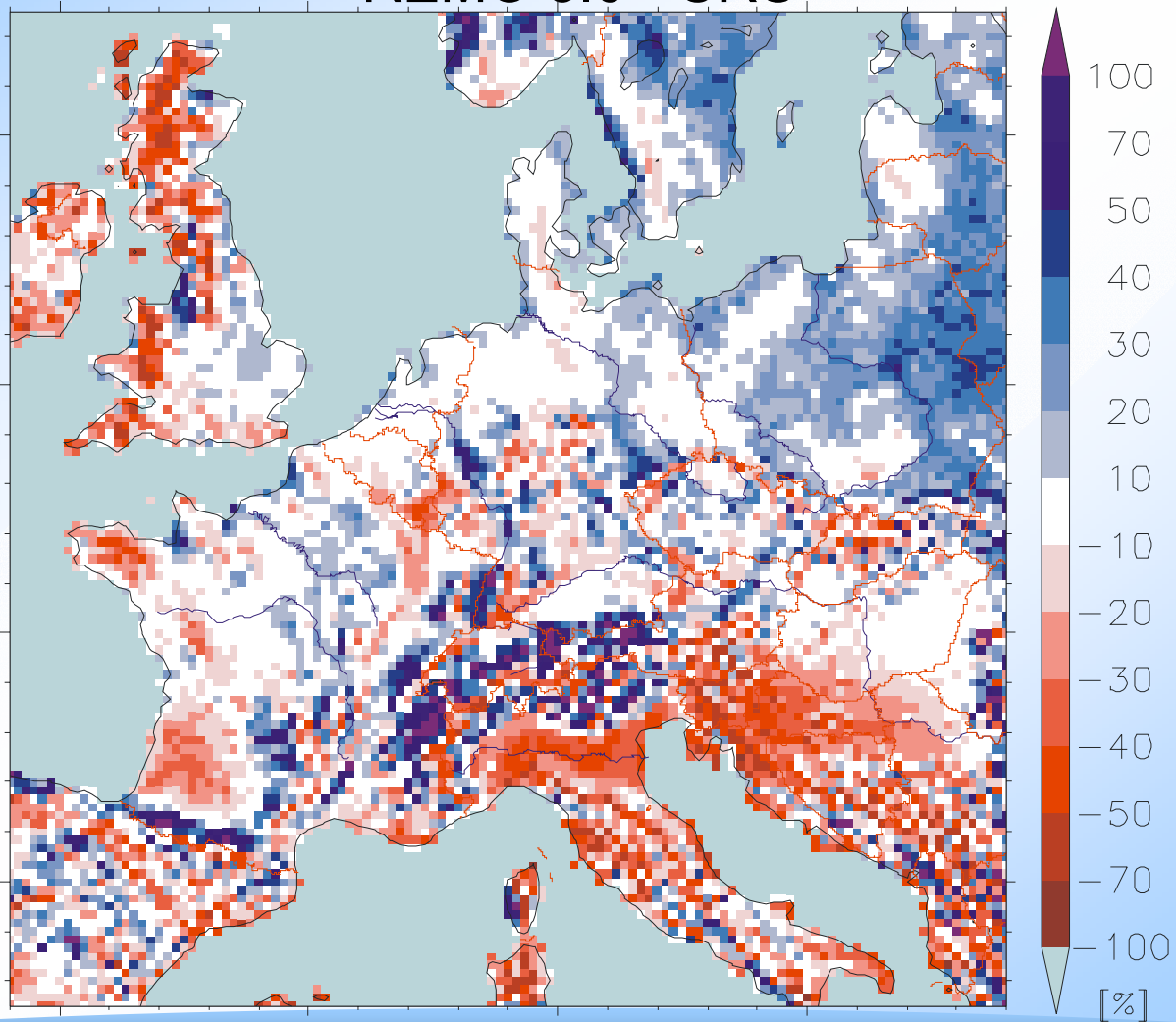
# Quantifizierung von Unsicherheiten

- Quantifizierung der Abweichungen Modell  $\leftrightarrow$  Daten durch objektive Abstandsmaße
- Abstandsmaße zur Bewertung der
  - räumlichen Verteilung klimatologischer Mittelwerte
  - Zeitreihen der Monatsmittel einer Teilregion
  - klimatologischen Jahresgänge einer Teilregion
- Ensemble von Paarvergleichen
  - 5 Modellsimulationen  $\leftrightarrow$  N Referenzdatensätze
  - Schwankungsbreite der Wiedergabe gegenwärtiger Klimabedingungen durch regionale Klimasimulationen
- **Unsicherheit der Modellauswertung beruht auch auf unsicherer Kenntnis der 'Realität' !**



# Abweichung der Jahresniederschläge

REMO 5.0 - CRU



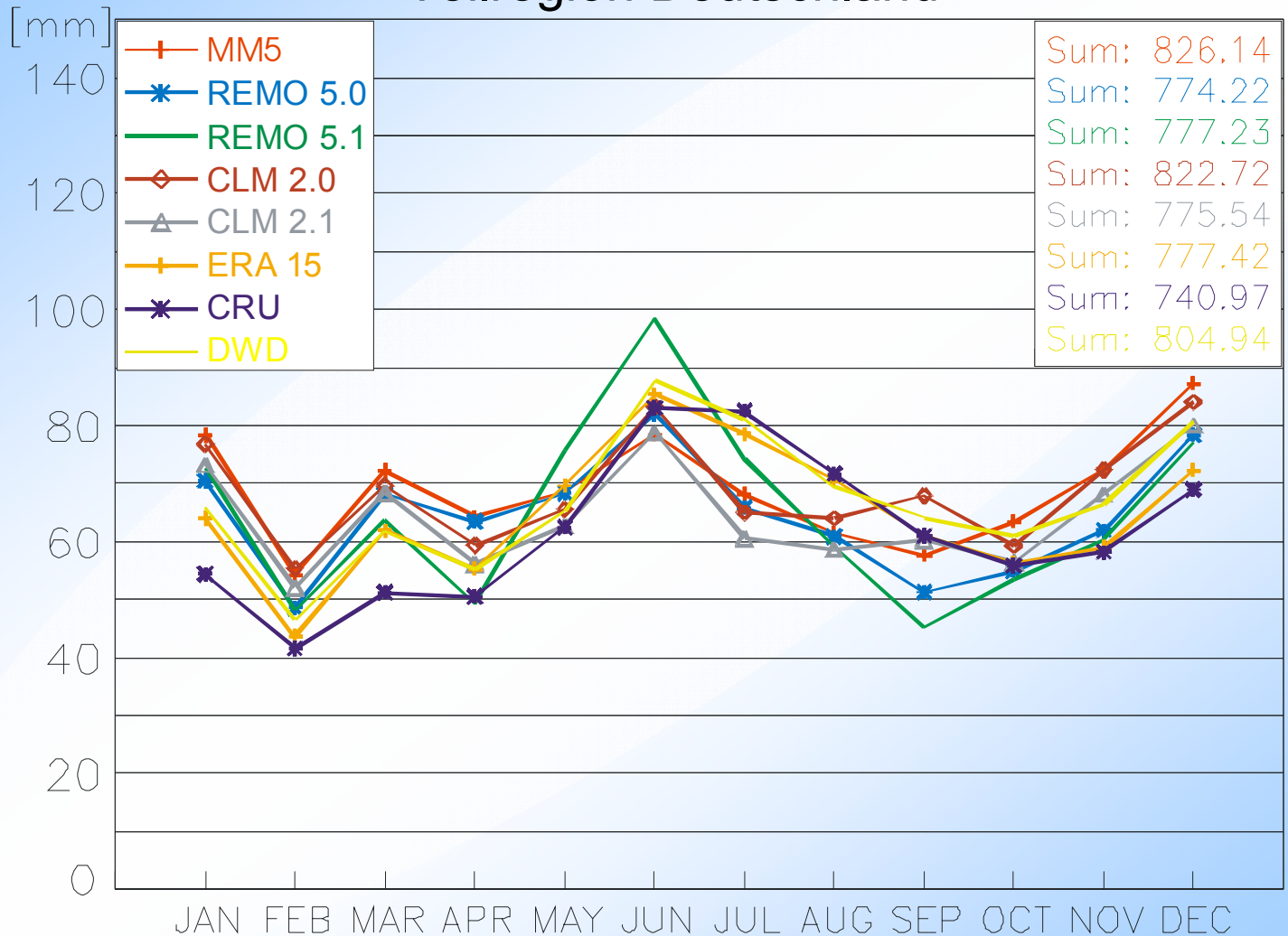
Klimasimulationen

Unsicherheiten

Bewertung

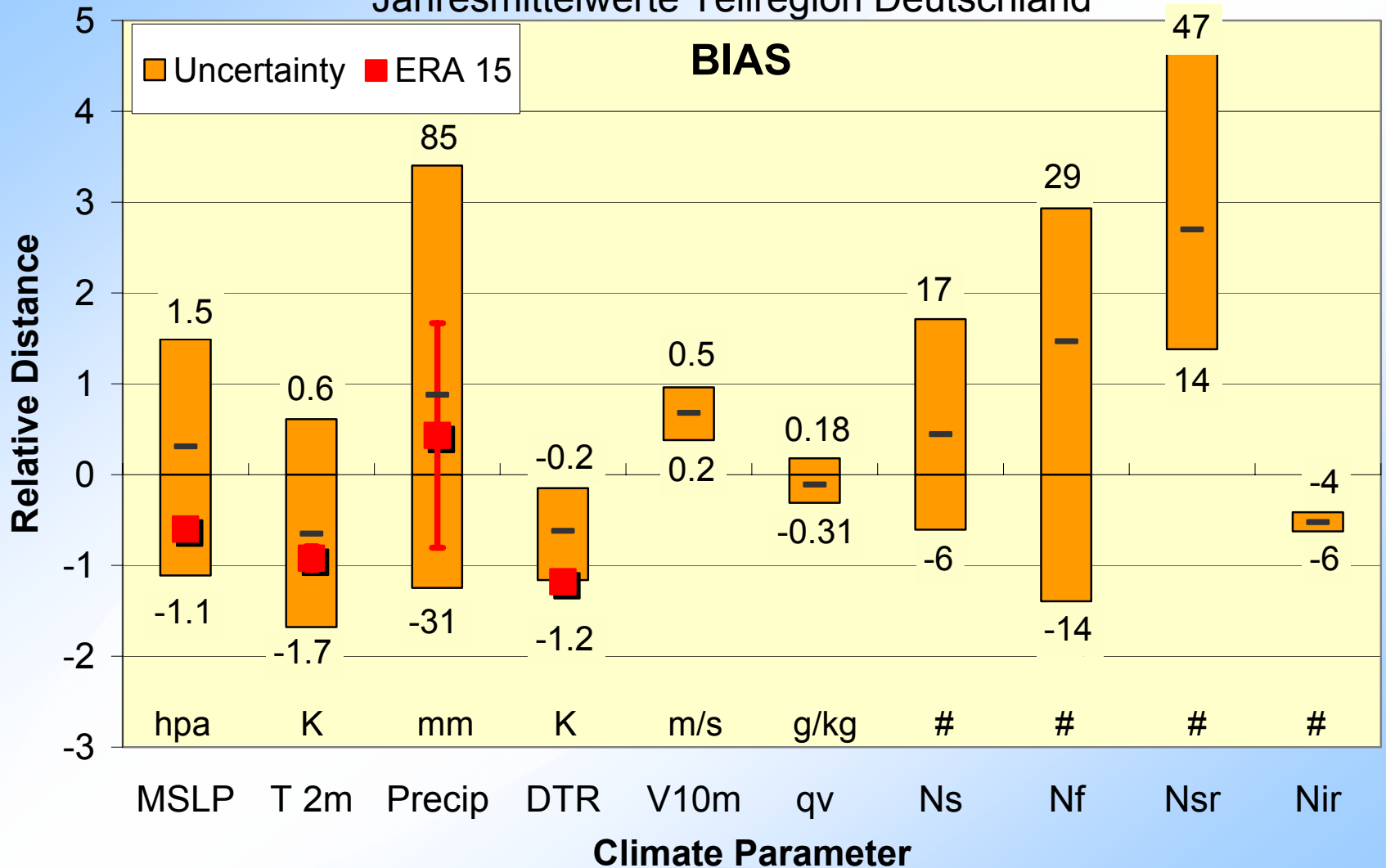
# Mittlere Jahresgänge des Niederschlags

## Teilregion Deutschland



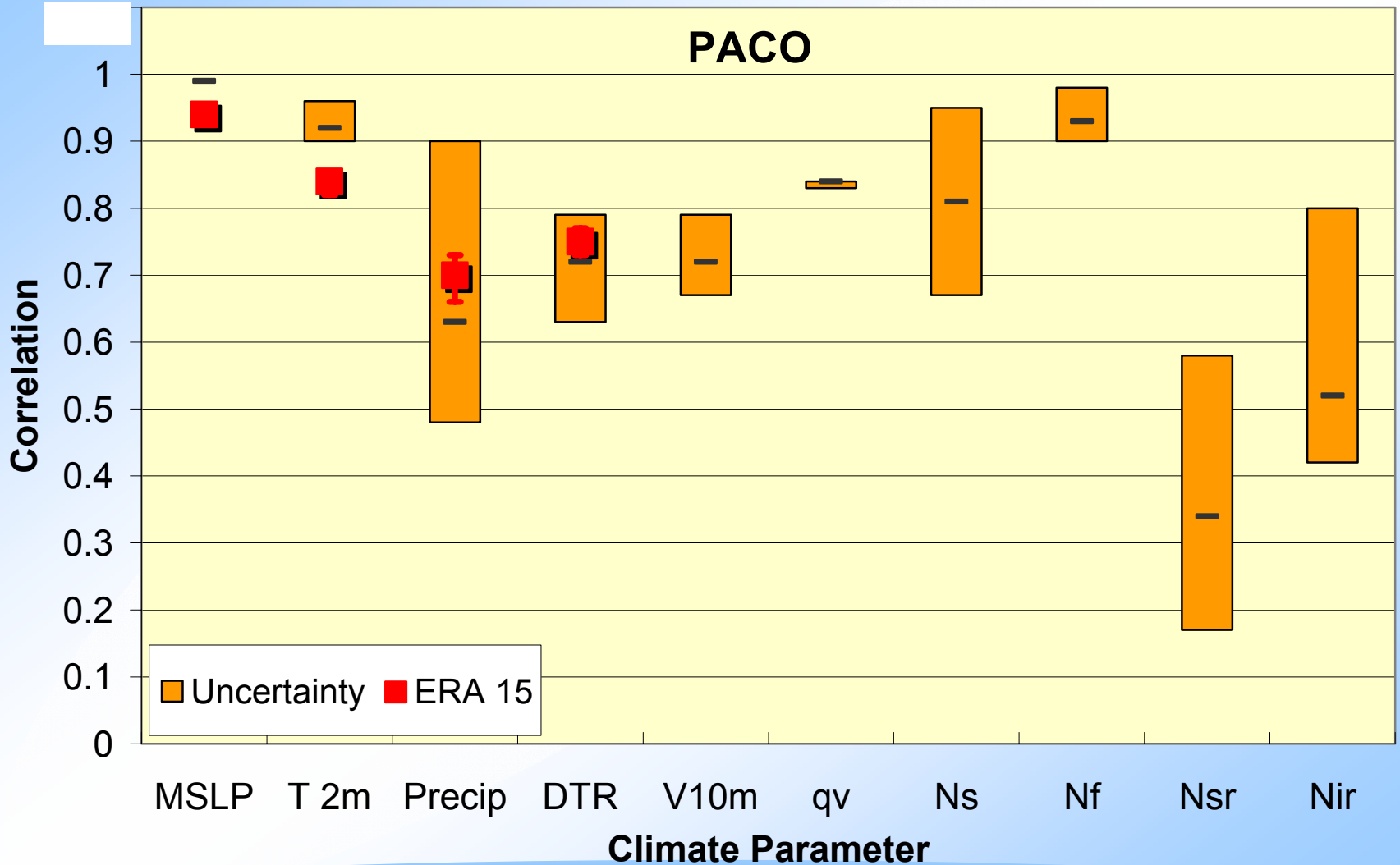
# Systematische Abweichung

Jahresmittelwerte Teilregion Deutschland



# Pattern Correlation

Räumliche Struktur der Jahresmittelwerte, Teilregion Deutschland



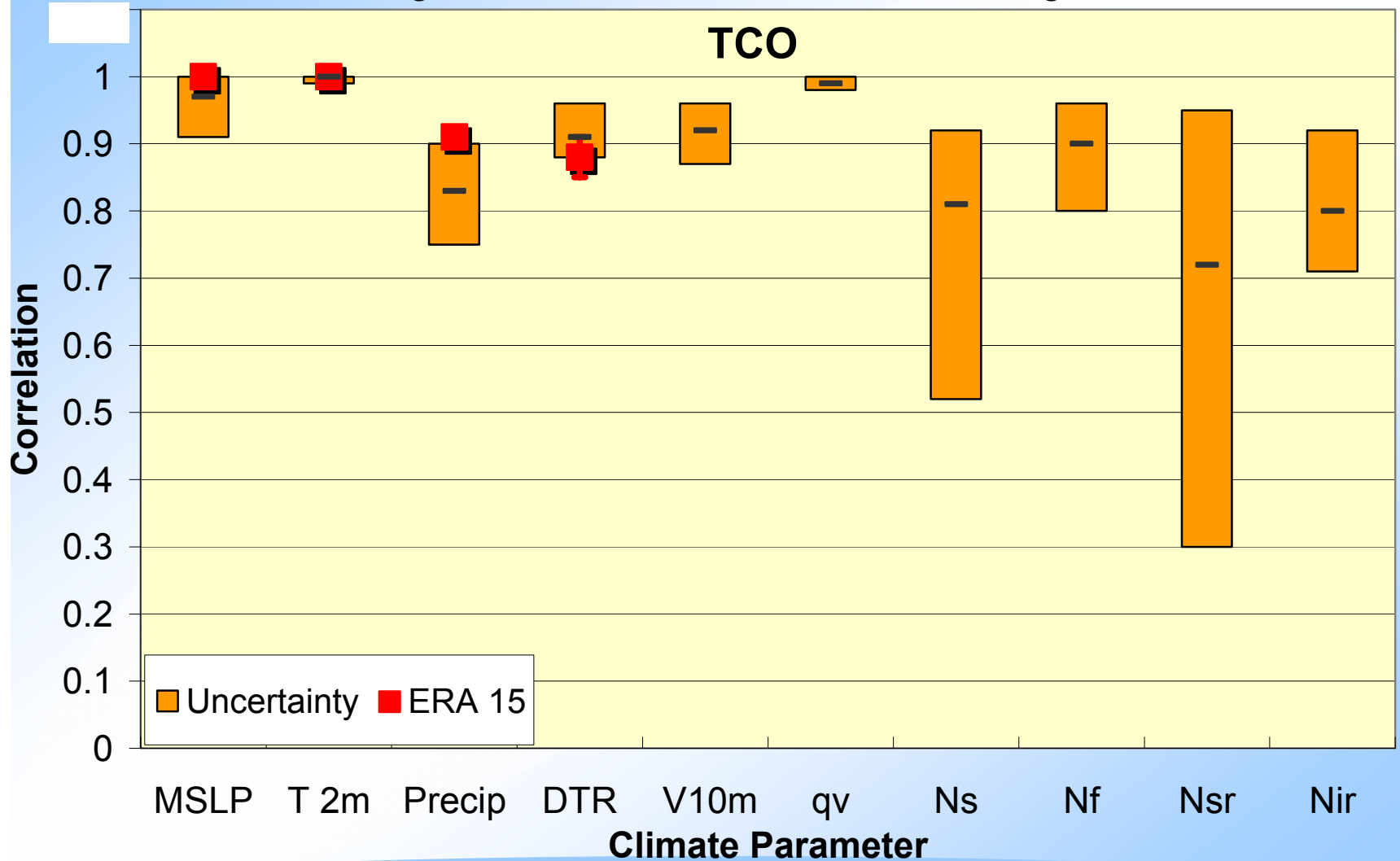
Klimasimulationen

Unsicherheiten

Bewertung

# Temporal correlation

Zeitliche Abfolge von Monats-/Jahresmitteln, Teilregion Deutschland



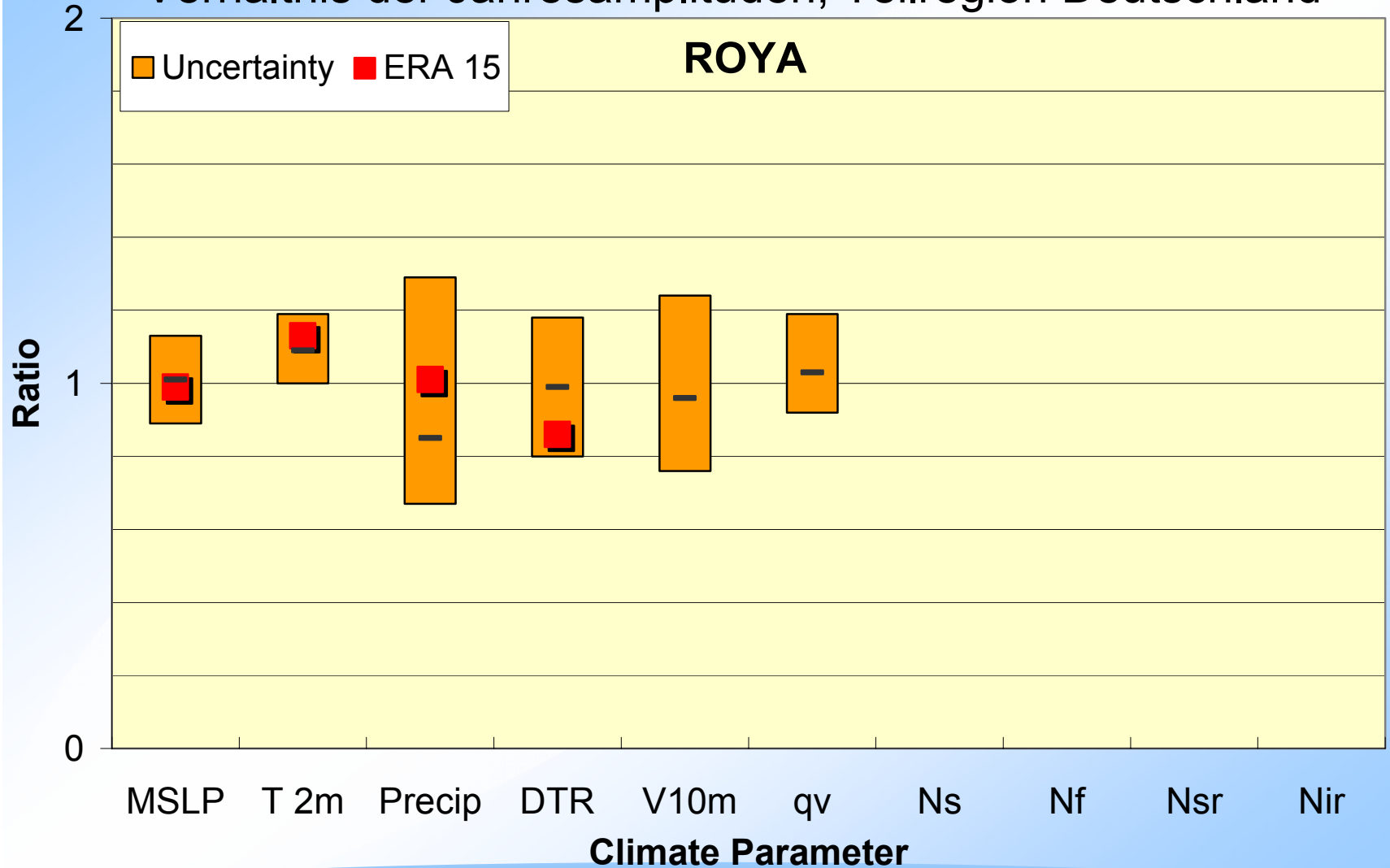
Klimasimulationen

Unsicherheiten

Bewertung

# Ratio of yearly amplitude

Verhältnis der Jahresamplituden, Teilregion Deutschland





# Quantitative Auswertung

- Objektive Abstandsmaße
  - Detaillierte Analyse räumlicher und zeitlicher Strukturen
  - Unsicherheitsbereiche für Modellsimulationen
  - Bewertung von Modellverbesserungen
  - Bewertung von Referenzdaten
  - Bewertung von simulierten Klimaänderungen
- Vergrößerung des Vergleichsensembles
  - weitere Modellsimulationen
  - mehr hoch aufgelöste Referenzdatensätze
  - Ableitung von PDFs
    - Unsicherheit = Breite der Verteilungsfunktion

**BEWERTUNG DER  
SIMULIERTEN  
KLIMAÄNDERUNGEN**

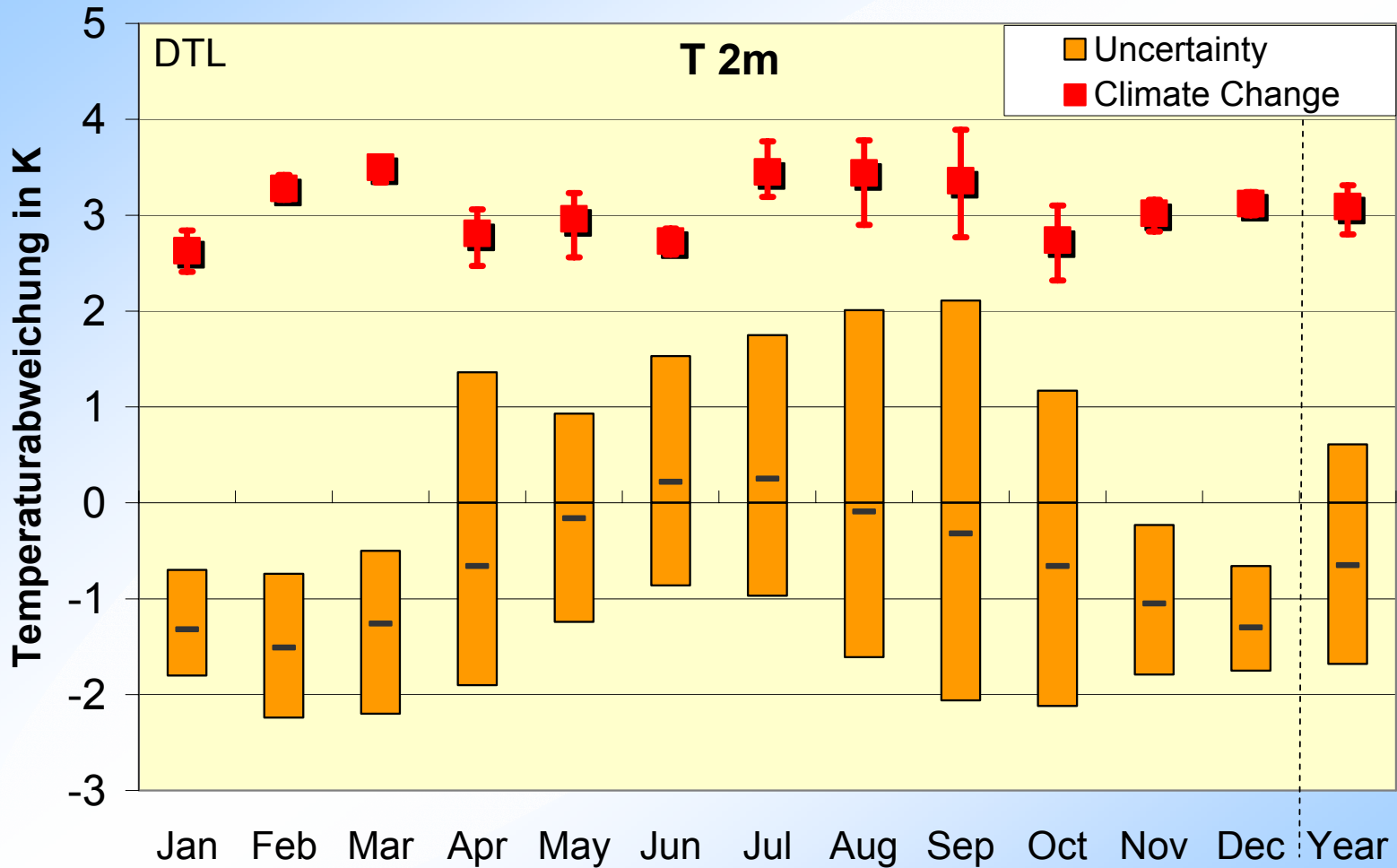
Bewertung

# Bewertungskriterien

- Belastbare Klimaänderungen müssen
  - statistisch signifikant sein
  - aus Unsicherheitsbereich herausragen
- Vergleich der Änderungssignale mit quantifizierten Unsicherheitsbereichen

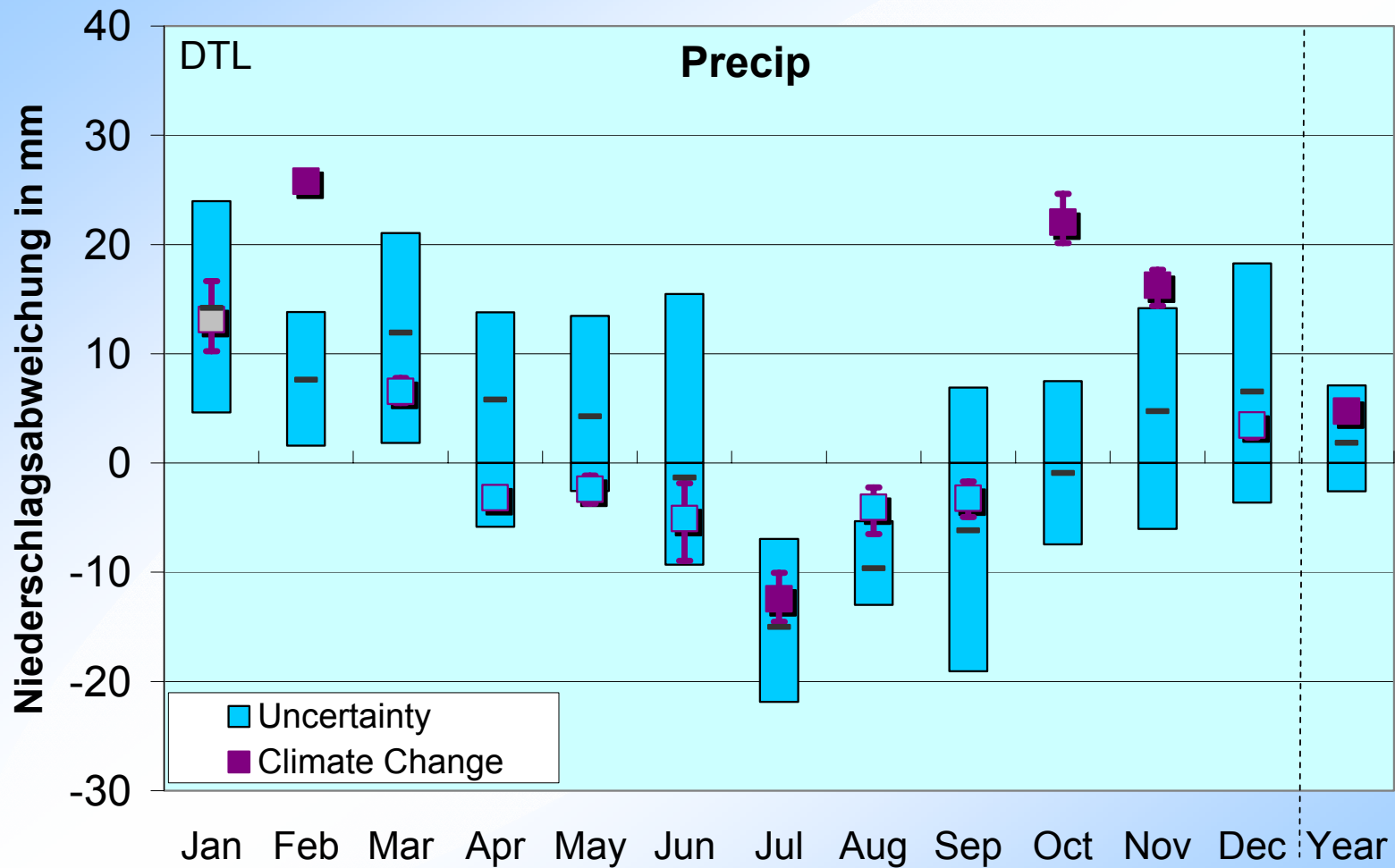
# Temperaturänderung

## Teilregion Deutschland



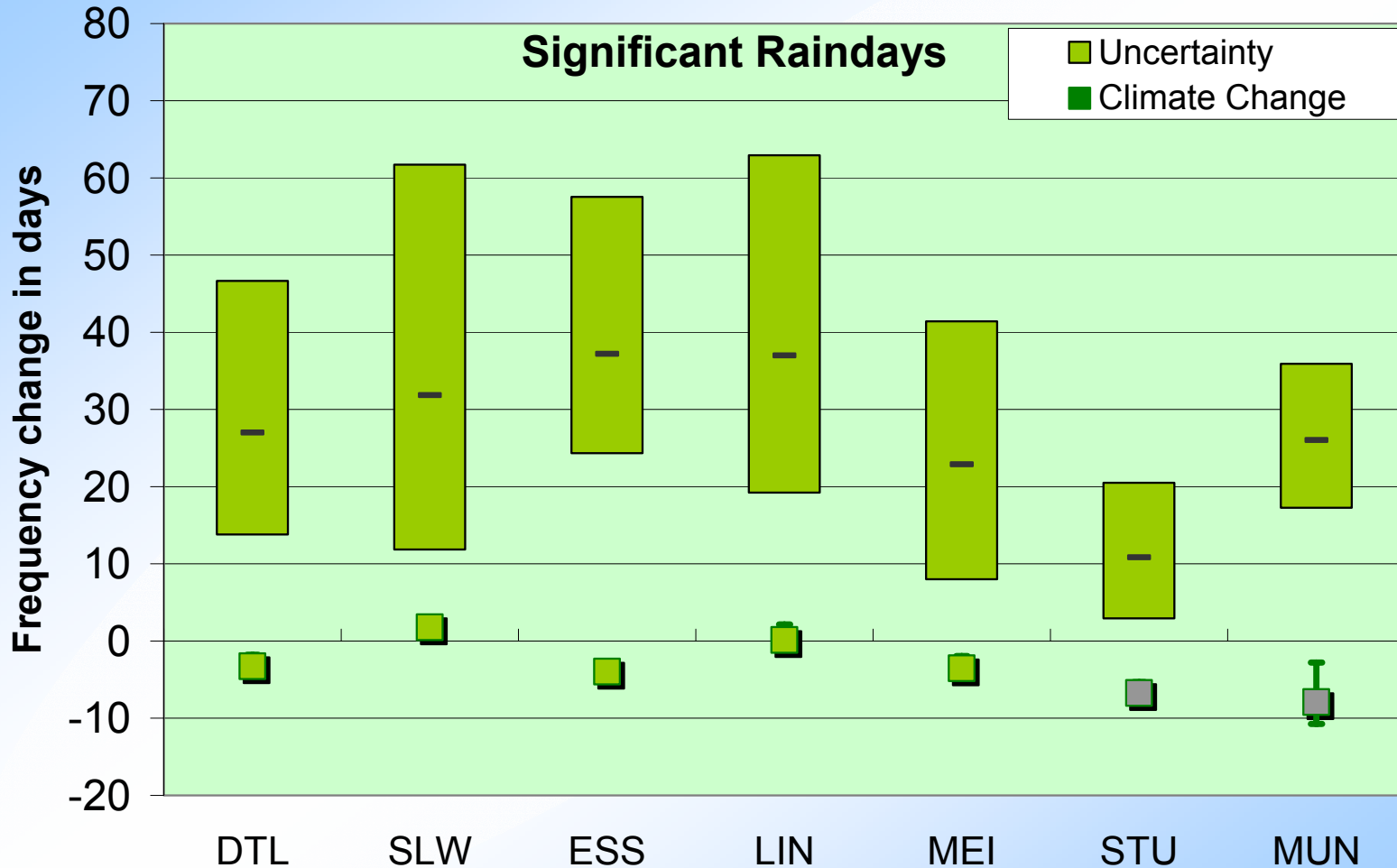
# Niederschlagsänderung

## Teilregion Deutschland



# Niederschlagstage > 1mm

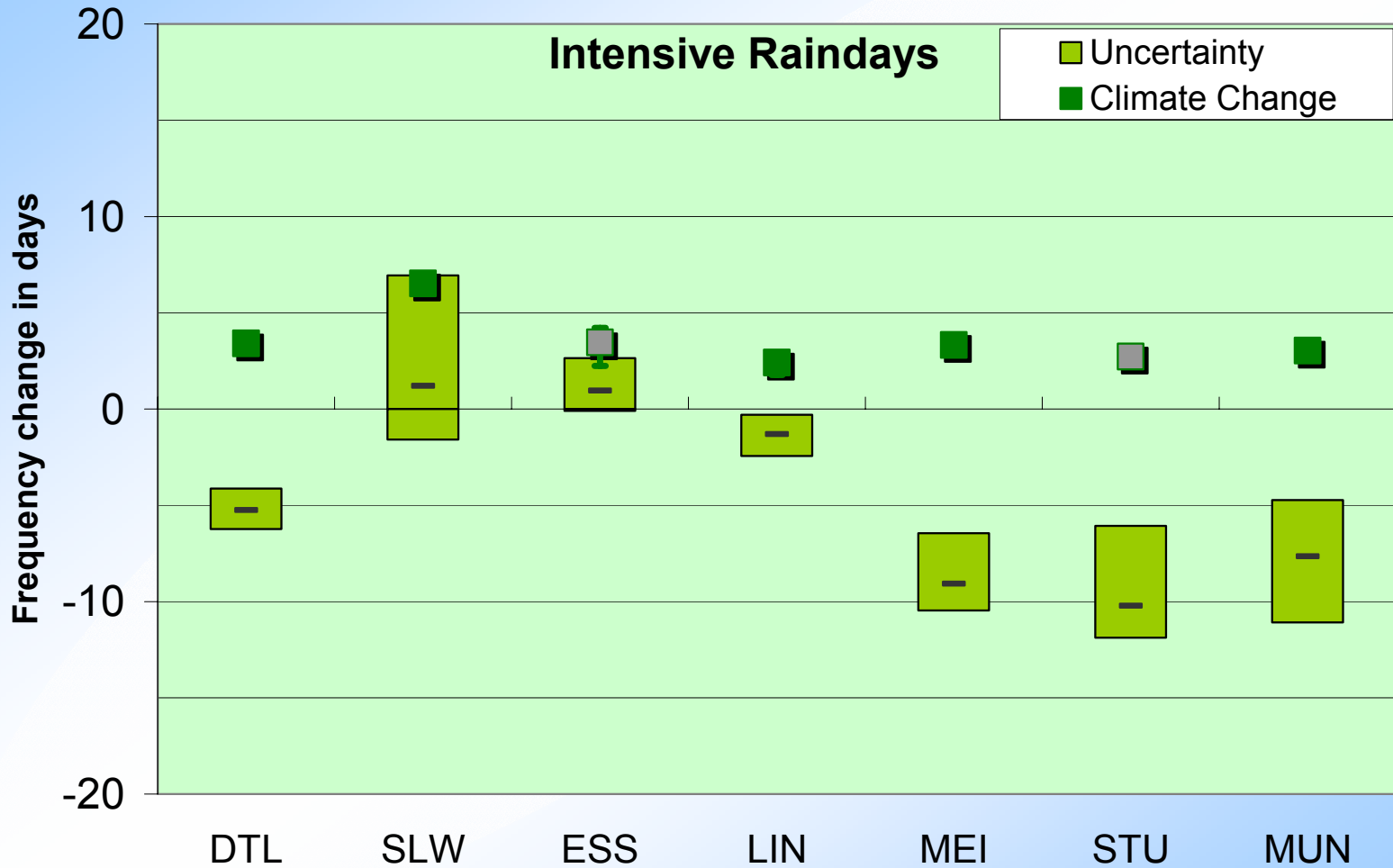
Änderungen verschiedener Teilregionen





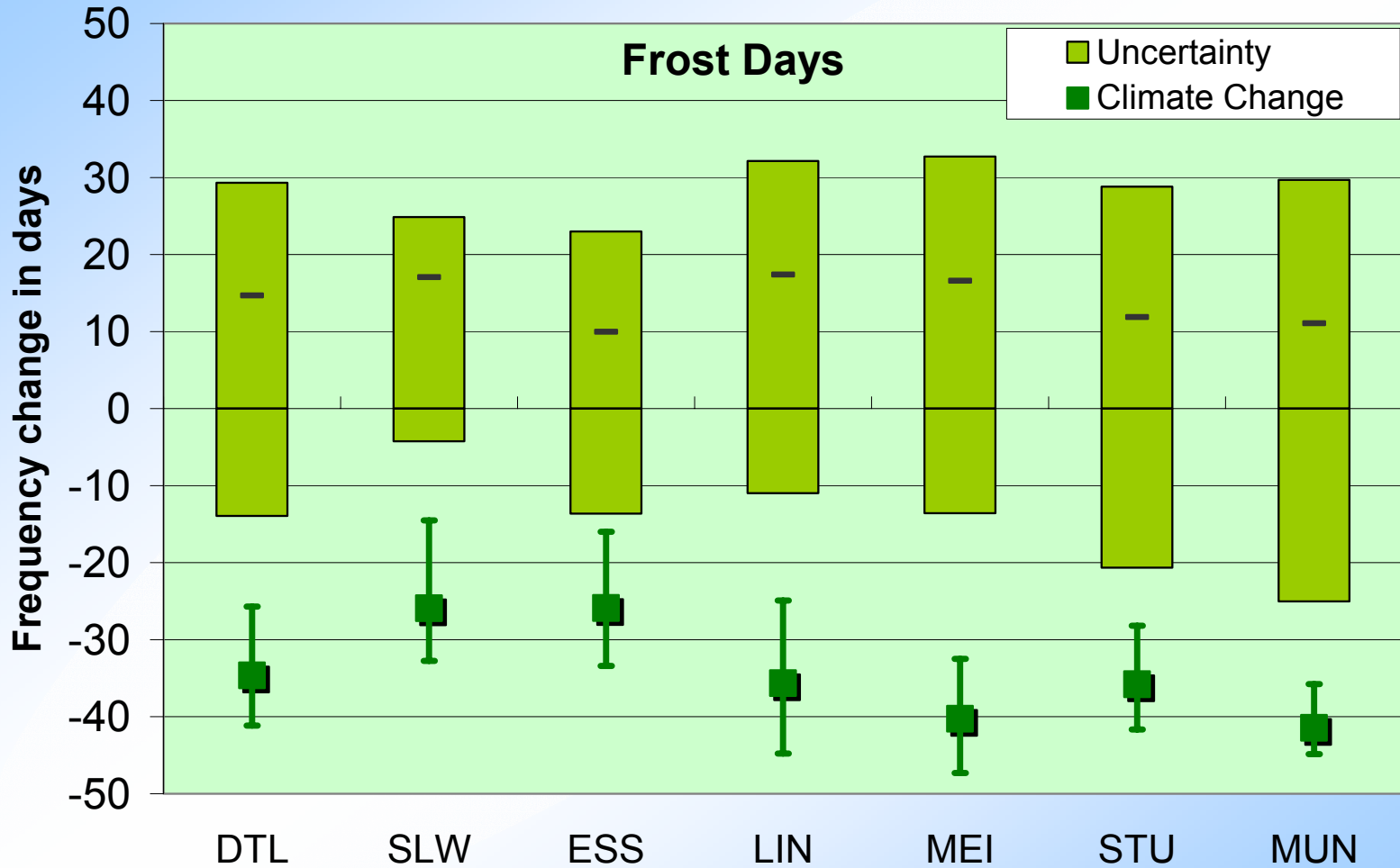
# Niederschlagstage > 10mm

Änderungen verschiedener Teilregionen



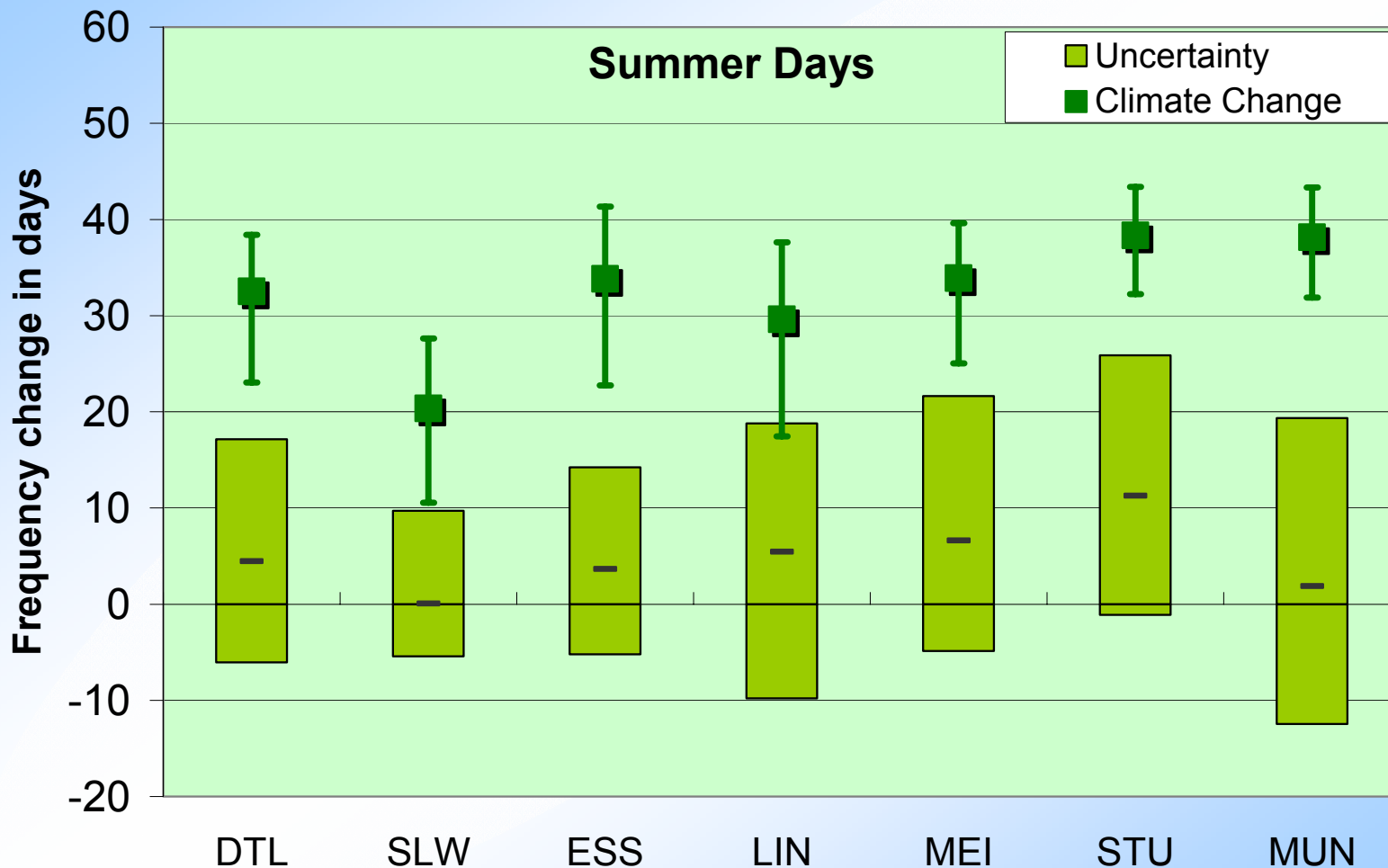
# Frosttage

## Änderungen verschiedener Teilregionen



# Sommertage

## Änderungen verschiedener Teilregionen



# Zusammenfassung

- Temperaturanstieg (2.5 – 4.0 K) in allen Teilregionen und Jahreszeiten relevant
- Niederschlagsänderung sind überwiegend nicht signifikant bzw. liegen innerhalb des Unsicherheitsbereiches
  - Starke Zunahme im Feb. und Okt. scheint relevant
  - Abnahme im Sommer teilweise signifikant, bleibt aber im Unsicherheitsbereich
- Keine Änderung der Zahl der Niederschlagstage
- Intensive Niederschlagstage nehmen leicht aber signifikant zu ( $\approx +15\%$ )
- Erhebliche Abnahme der Frosttage ( $\approx -40\%$ )
- Drastische Zunahme der Sommertage ( $\approx +100\%$ )
- Nur Unsicherheit der regionalen Modelle erfasst.
  - Zusätzliche Unsicherheitsquellen
    - GHG Szenario
    - globales Modell

**E N D E**



**Herzlichen Dank**

**für ihre Aufmerksamkeit**