
Die Zukunft extremer Niederschlagsereignisse im Alpenraum unter starken Klimaänderungsbedingungen



Projekt HighEnd:Extremes

Heimo Truhetz¹, Marie Piazza¹, Armelle R. Remedio², Daniela Jacob²

¹ Wegener Center für Klima und Globalen Wandel (WEGC),
Karl-Franzen-Universität Graz

² Climate Service Centre Germany (GERICS),
Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Deutschland

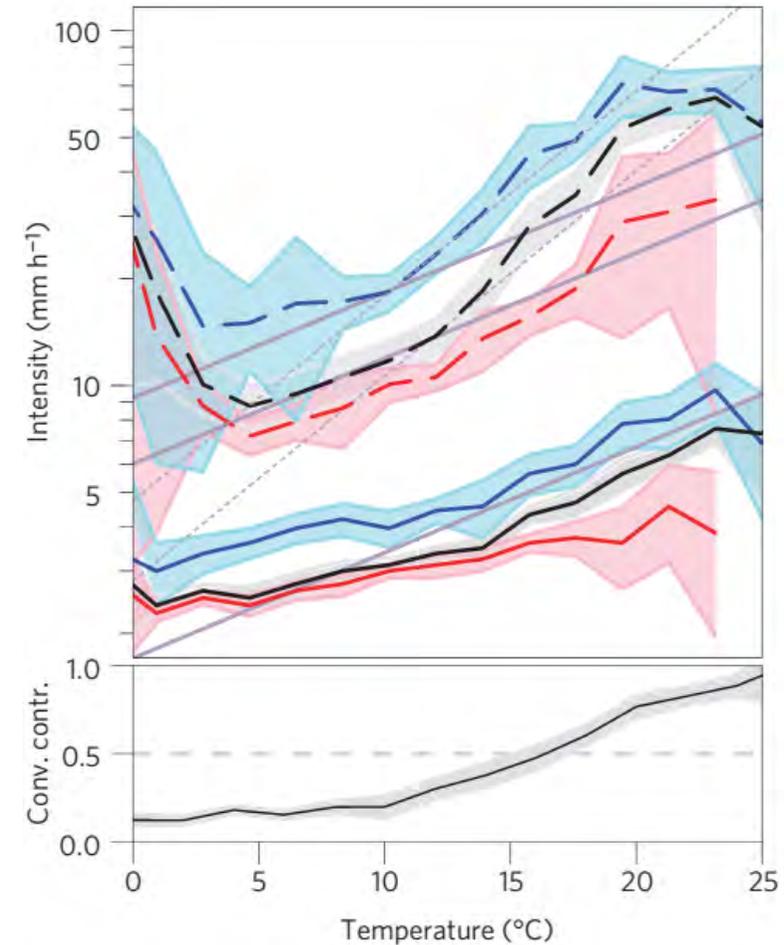
email: heimo.truhetz@uni-graz.at

Tel.: 0316 380 8442

- 1. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus Extremereignisse und Klimawandel**
- 2. HighEnd:Extremes**
 - 1. Ziele**
 - 2. Methoden**
 - 3. Status**
 - 4. Ausblick**

Was ist zu erwarten?

- Aus Clausius-Clapyron'scher Gleichung:
Wasseraufnahmevermögen der Atmosphäre steigt mit **~7% pro °C**
→ Wasserkreislauf wird beschleunigt
(z.B. Emori & Brown 2005; Held & Soden 2006; Allan & Soden 2008)
- Aus Beobachtungsdaten in Europa: (Berg et al., 2013)
stratiforme Niederschlagsextreme steigen mit **~7% pro °C**
konvektive Niederschlagsextreme steigen mit **~14% pro °C**
→ „Super-Clausius-Claprayron'scher Effekt“



Was ist zu erwarten?

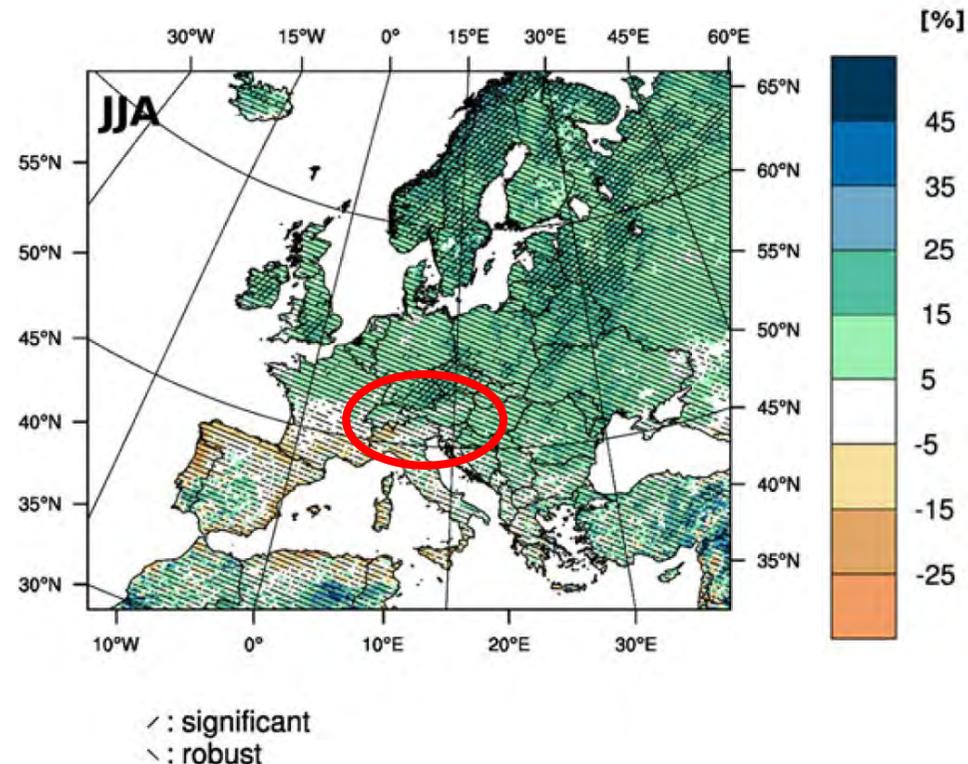
➤ Zunahme an Starkniederschlagsereignissen im Alpenraum

z.B. Jacob et al. (2014):

9 regionale Klimaprojektionen (12,5 km Auflösung; RCP8.5) aus EURO-CORDEX (www.euro-cordex.net)

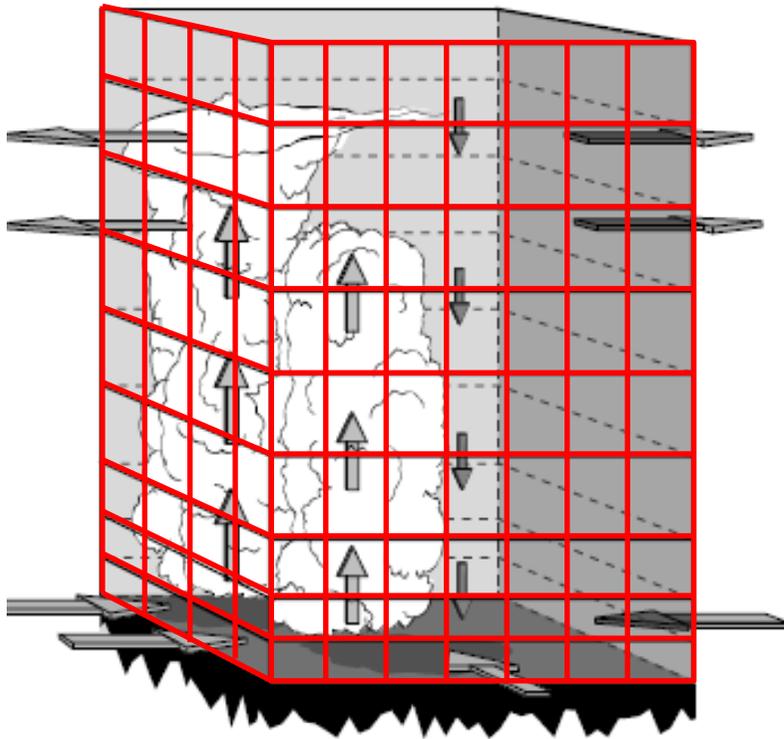
(Perioden 1971-2000 und 2071-2100)

➔ Ensembledittel: **moderater Anstieg (~15%) des 95%-Perzentils von Tagessummen des Niederschlags im Sommer**



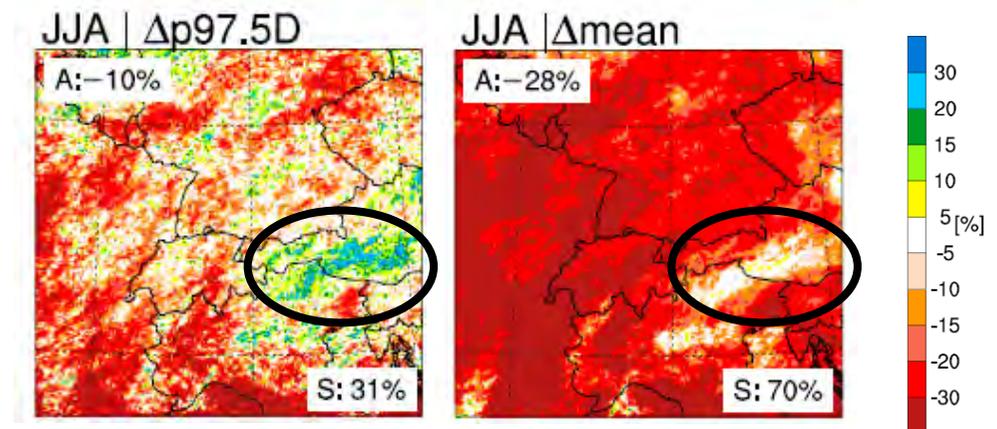
Was ist zu erwarten?

- Mehrwert durch konvektionserlaubende Modelle



(Neelin, 2012)

- 1 konvektionserlaubende Klimaprojektion im Alpenraum (2.2 km Auflösung; 1991-2000 und 2081-2090; RCP8.5)
- **Zunahme (>20%) der Niederschlagsextreme (97.5%-Perzentil) im Sommer (Zentralalpen),**
saisonaler Sommerniederschlag rückläufig (-28% im Flächenmittel)



(Ban et al., 2015)

- **Zu wenig konvektionserlaubende Klimasimulationen**
- **Hoher Forschungsbedarf**

1. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus Extremereignisse und Klimawandel
2. **HighEnd:Extremes**
 1. Ziele
 2. Methoden
 3. Status
 4. Ausblick

Ziele

- Wie sehen Extremereignisse im Alpenraum bei starker Klimaerwärmung aus?
 - Änderungen auf Prozessebene
 - Änderungen in nutzerrelevanten Indizes für Extremniederschlag
- Worin besteht der Unterschied zu schwacher Klimaerwärmung?
(z.B. das 2°C Ziel wird erreicht)
 - Unterschiede auf Prozessebene
 - Unterschiede in nutzerrelevanten Indizes
- Existierende Ensembles an (konvektionserlaubende) Klimaprojektionen soll erweitert werden
 - Sichtbarkeit österreichischer Forschungstätigkeit erhöhen

1. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus Extremereignisse und Klimawandel

2. HighEnd:Extremes

1. Ziele
2. **Methoden**
3. Status
4. Ausblick

Methoden

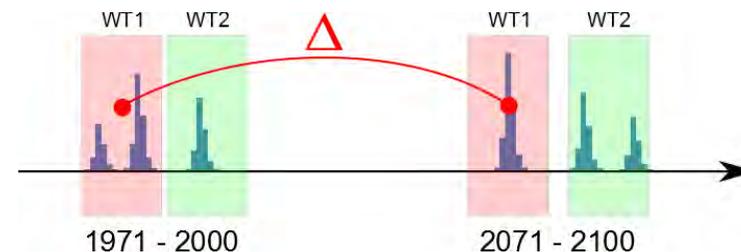
- Auswertungen von Klimaprojektionen (Multi-Modell Ensembles)

Perioden: 1971-2000 und 2071-2100

Emissionsszenarien: RCP8.5 und RCP2.6

- Prozessorientierte Analyse mit Hilfe einer Wetterlagenklassifizierung

Wetterlagenklassifizierung sorgt für synoptische Vergleichbarkeit

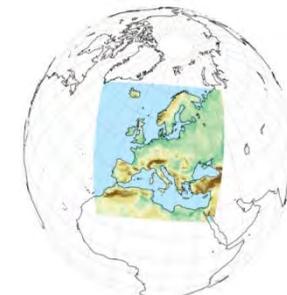


- Nutzerrelevante Indizes für Extremniederschlag
definiert nach European Climate Assessment & Dataset (ECAD, www.ecad.eu)

- regionale Klimaprojektionen aus EURO-CORDEX

(www.euro-cordex.net) (Jacob et al., 2014)

12,5 km Auflösung; RCP8.5, RCP2.6



Methoden

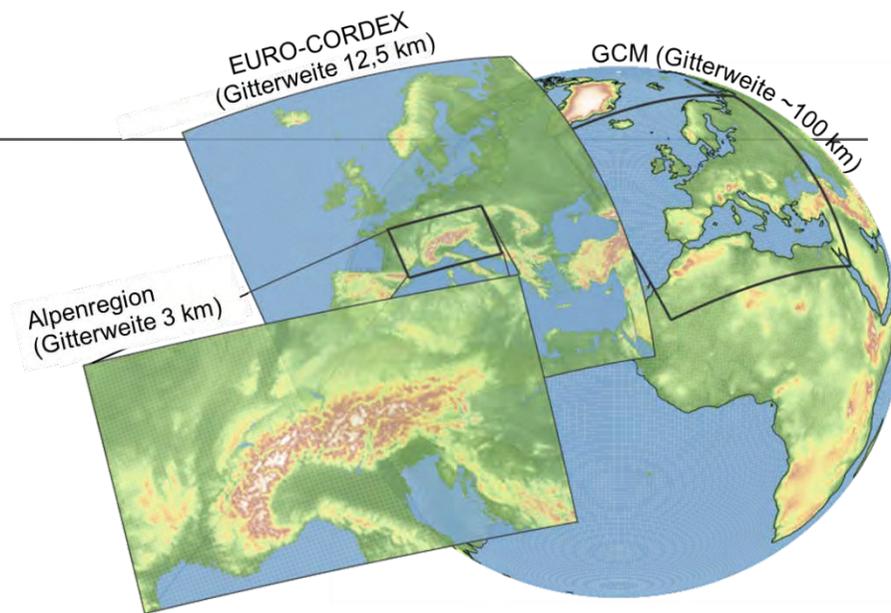
- neue EURO-CORDEX Simulationen

12,5 km Auflösung; transient (1950-2100)

3 RCMs: CCLM, WRF, REMO

1 GCM: MPI-ESM-LR r2i1p1(RCP8.5)

→ Antriebsdaten für CPCSSs



- neue konvektionserlaubende Klimasimulationen (CPCSSs)

3 km Auflösung, 2 x 30 Jahre (1971-2000 und 2071-2100); RCP8.5

3 RCMs: CCLM, WRF, REMO-nh

- konvektionserlaubende Validierungsläufe

aus NHCM-2 (www.nhcm-2.eu), FWF (P 24758-N29)

3 km Auflösung, 22 Jahre (1989-2010); und kürzer

3 RCMs: CCLM, WRF, REMO-nh

Antrieb: ERA-Interim getriebene EURO-CORDEX Läufe

(CCLM: Klaus Keuler, BTU Cottbus,

WRF: Klaus Görden, Forschungszentrum Jülich,

REMO: GERICS)

Formales

- WEGC: Simulationen mit CCLM und WRF
Prozessorientierte Analysen mittels
Wetterlagenklassifizierung
- GERICS: Simulationen mit REMO/REMO-nh
Nutzerrelevante Indizes
- Projektdauer: 3 Jahre
- Projektstart: 1. April 2014



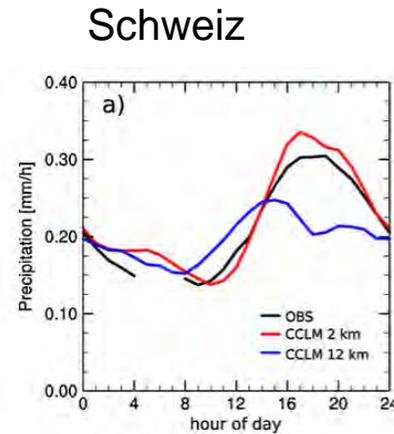
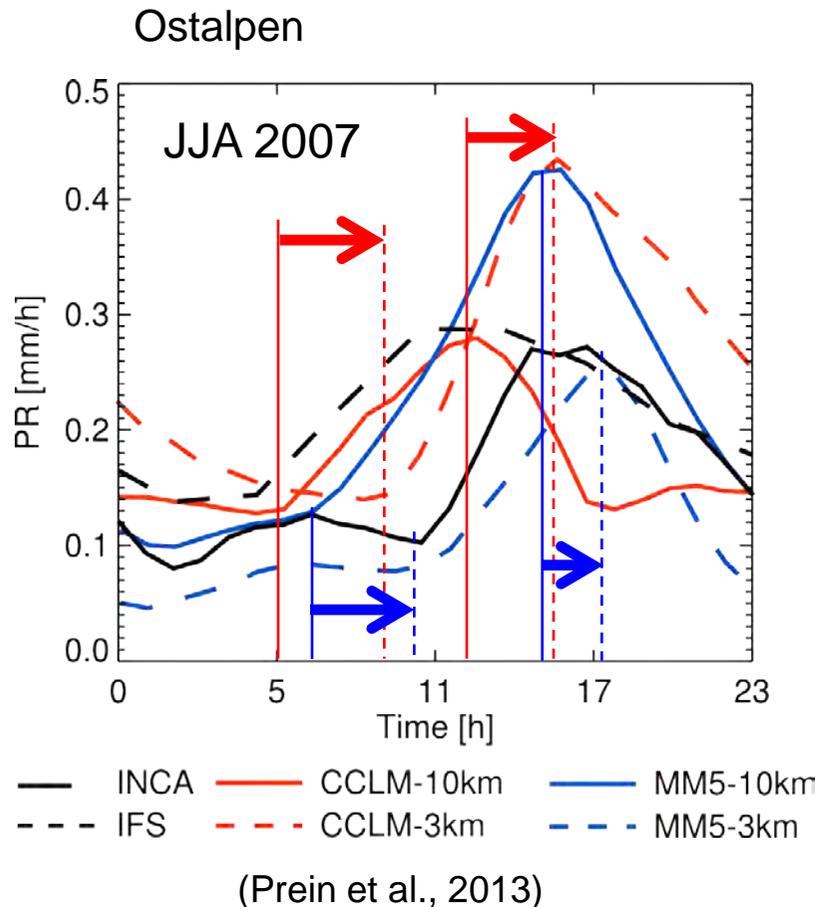
1. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus Extremereignisse und Klimawandel

2. HighEnd:Extremes

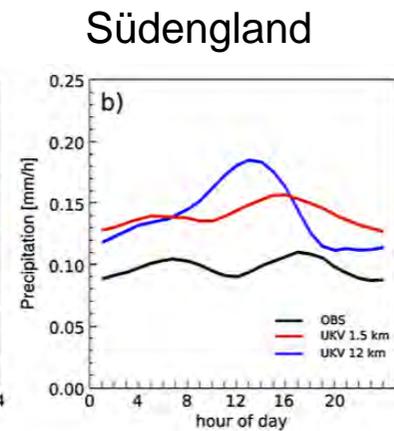
1. Ziele
2. Methoden
3. **Status**
4. Ausblick

Highlights

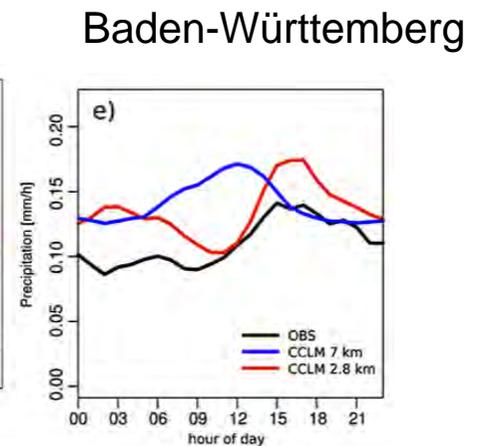
- Mehrwert durch konvektionserlaubende Modelle



JJA 1998-2007
(Ban et al., 2014)



Mittel 1998-2008
(Kendon et al., 2012)



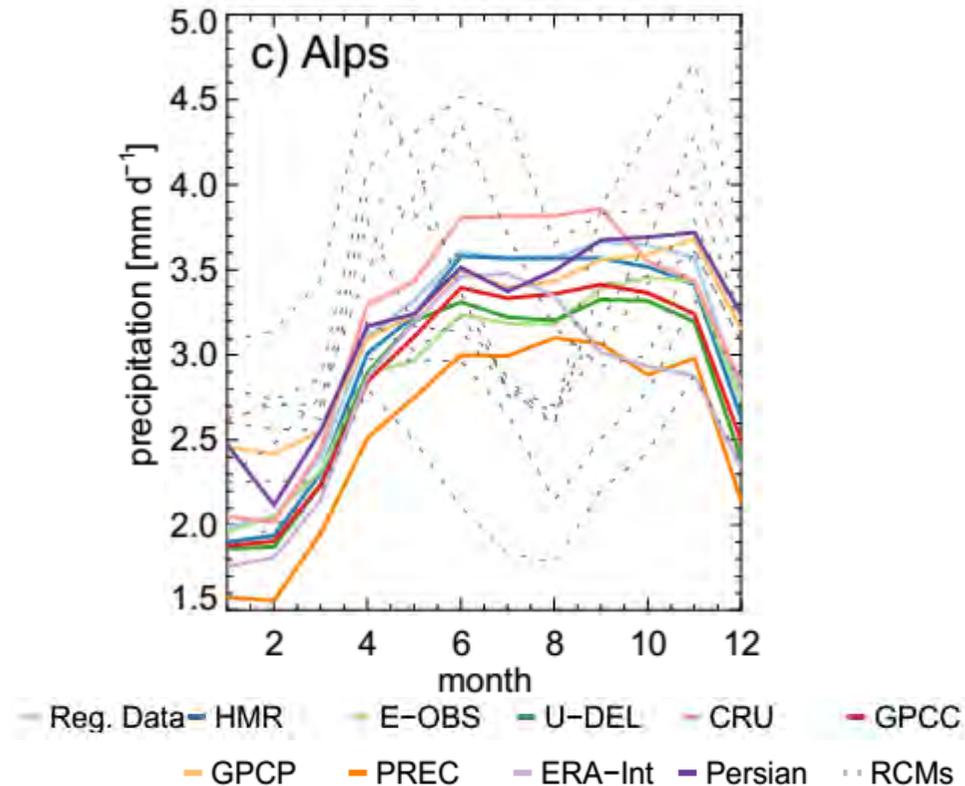
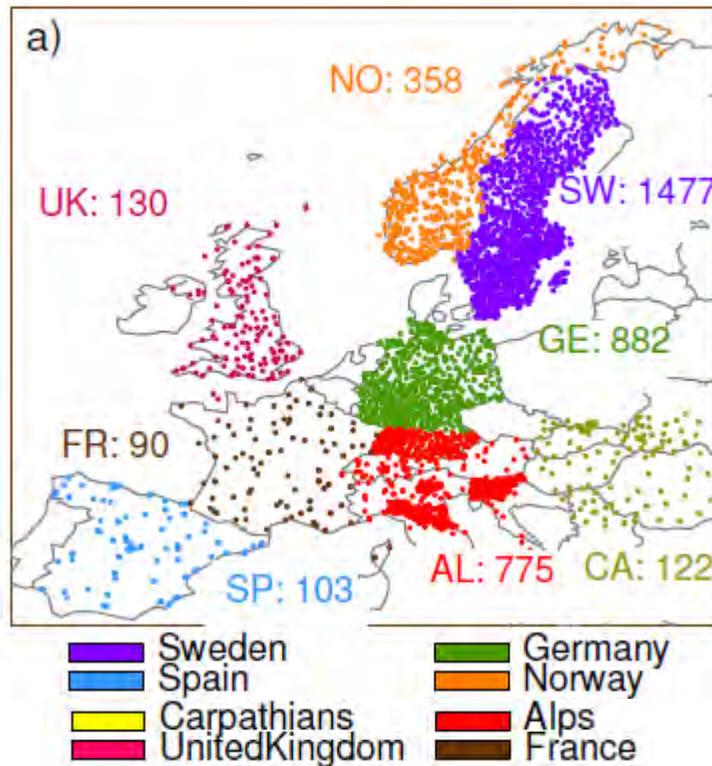
JJA 1968-1999
(Fosser et al., 2014)

Prein et al. (2015), A review on regional convection-permitting climate modeling: Demonstrations, prospects, and challenges, *Rev. Geophys.*, 53(2), 323-361, doi: 10.1002/2014RG000475

- Niederschlagsmaximum verschiebt sich nach hinten → Verbesserung im Tagesgang
- Tieferreichende Konvektion wird realistischer erfasst

Highlights

- Vergleich verschiedener Beobachtungsdaten mit RCMs (EURO-CORDEX)



Prein und Gobiet , The unknown truth: impact of uncertainties in European precipitation datasets on regional climate analysis, *Int. J. Climatol.* (in press)

- Abweichungen zwischen den Beobachtungsdaten sind in vielen Regionen etwa so groß wie die Abweichungen der Modelle zueinander
 - Unsicherheiten aus Beobachtungsdaten müssen berücksichtigt werden
 - *Beobachtungsdaten müssen innerhalb ihrer Anwendbarkeitsgrenzen verwendet werden*

Prozessorientierte Analysen

- Wetterlagenklassifizierungsschema aus COST Action 733

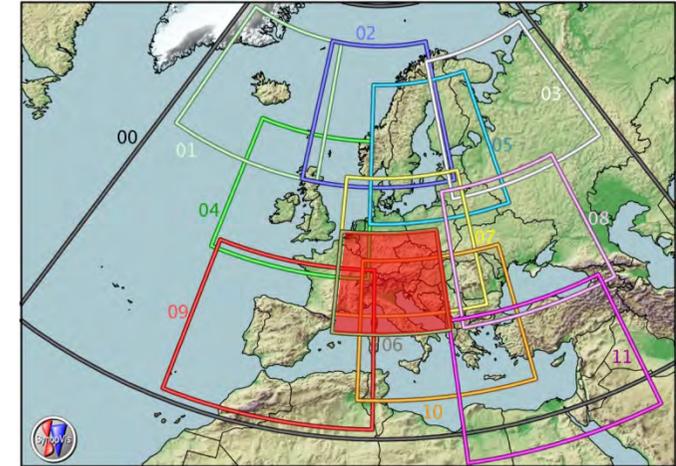
cost733class-1.2

<http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cost733class-1.2>

(Huth et al., 2008)

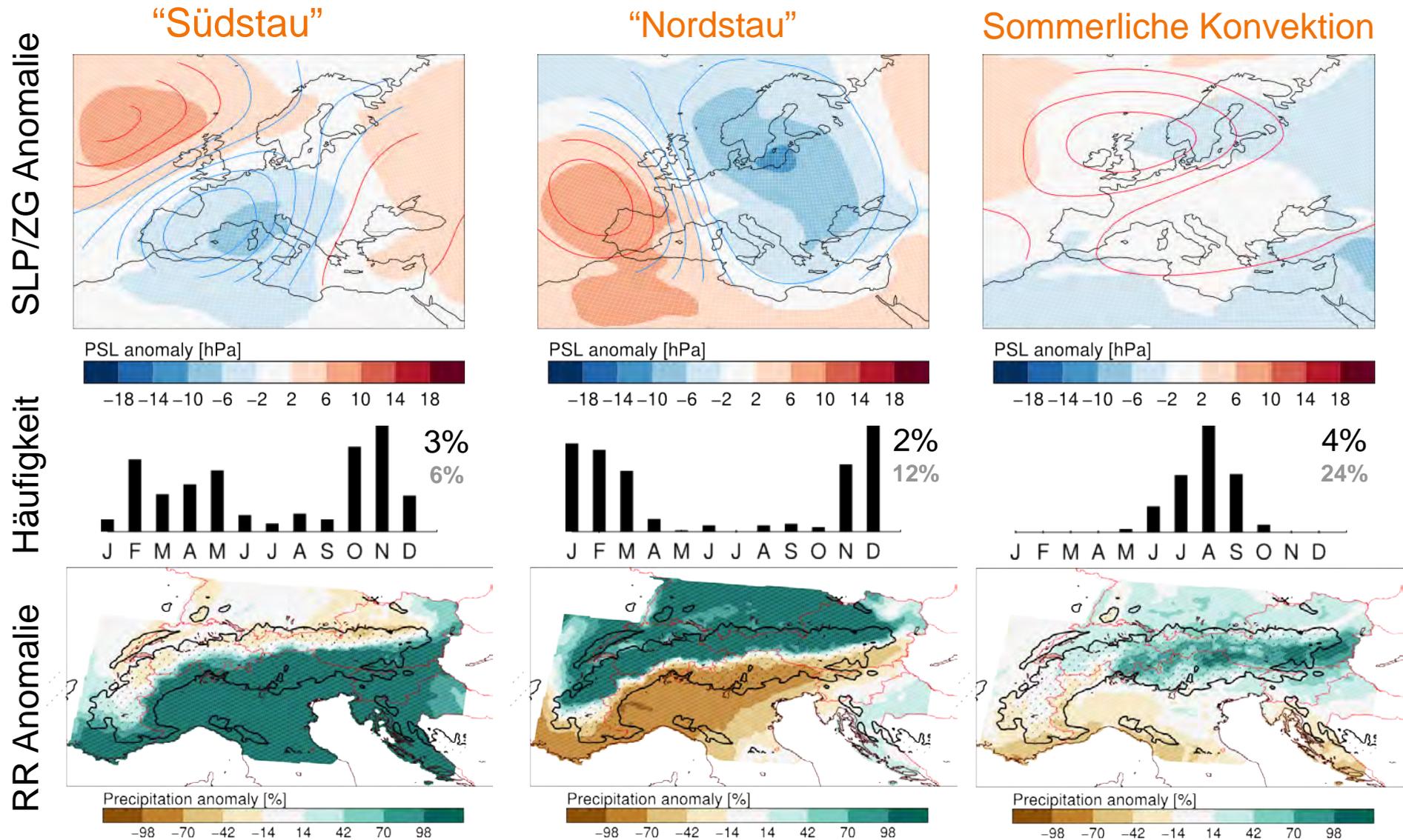
PCACA27

- Principal Component Analysis (PCA) und Cluster Analysis (CA)
(Comrie 1996, Ekstrom et al. 2002)
- Klassifizierungsschema ist für Alpenraum gut geeignet
(Schiemann und Frei 2010)
- Wir verwenden Anomalien von:
 - SLP: Druck auf Meeressniveau → Positionierung von Hochs und Tiefs;
Strömungen in unteren Schichten
 - CAPE: Convective Available Potential Energy → Stabilität, Saisonalität
 - UV700: Windgeschwindigkeit auf 700 hPa Fläche → "langsame Systeme"
 - ZG500: Geopotential auf 500 hPa Fläche → "Cut-off Tiefs"
- → Methode anwendbar für Klimamodelle (wegen Verwendung von Anomalien)



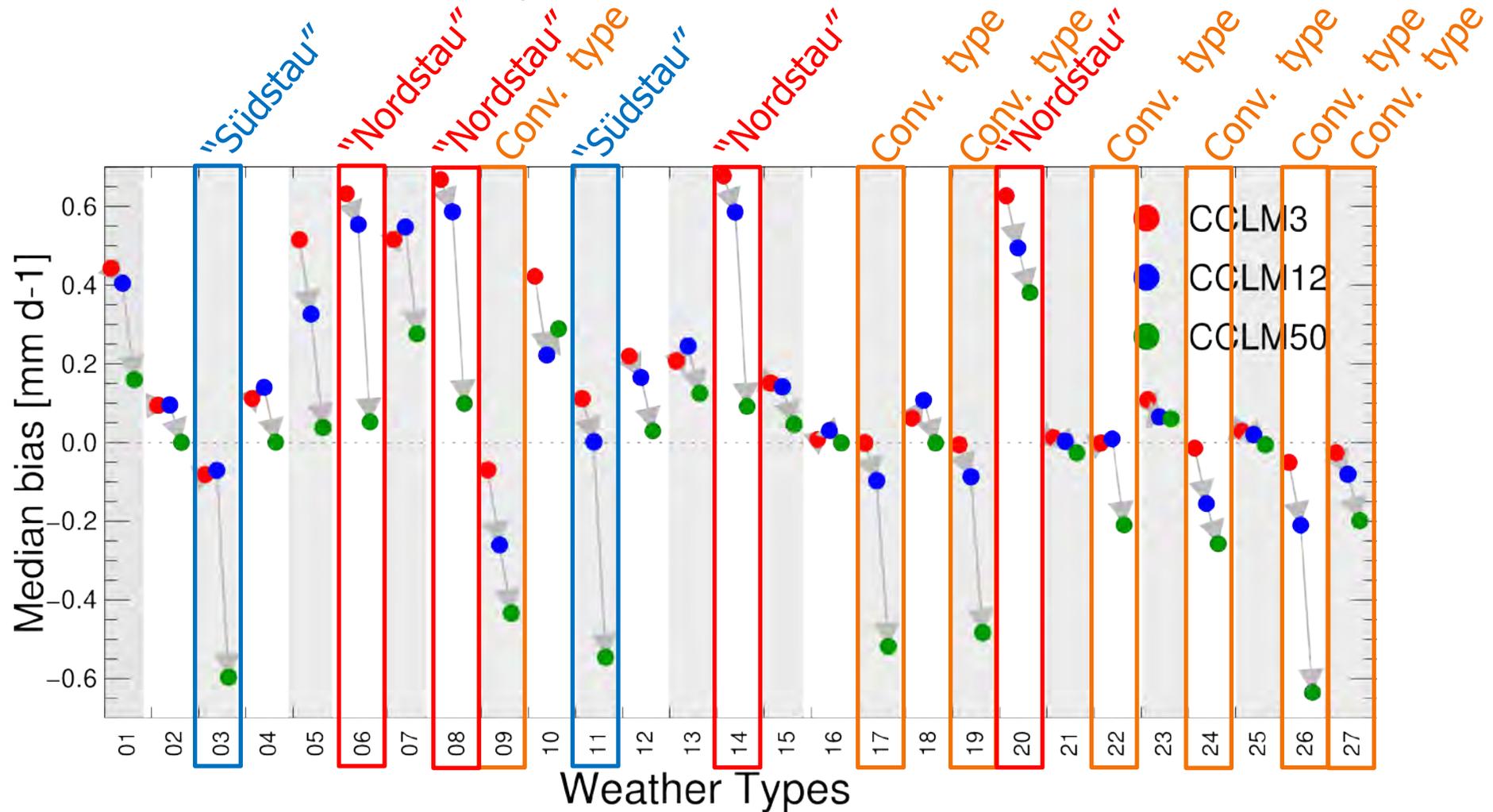
Prozessorientierte Analysen

- Angewandt auf ERA-Interim (Periode 1979 – 2011)
→ Klassen mit ausgeprägten Niederschlagsanomalien, z.B.



Prozessorientierte Analysen

- Median Bias (1990-2008) des Tagesniederschlags im Alpenraum von CCLM (50 km, 12,5 km und 3 km Auflösung)



- 3 km Auflösung verbessert Bias bei konvektiven und bei "Südstau" Klassen

Prein et al., in Vorbereitung

Simulationen

- CCLM

- Seit CLM Assembly (29. Sep – 2. Okt 2015) existiert eine neue Modellversion (5.0), die zur Durchführung von EURO-CORDEX Simulationen verwendet werden soll (CLM Community)
- CPCs sollen bereits mit diesen neuen EURO-CORDEX Simulationen angetrieben werden
- Testsimulationen mit Version 5.0 werden derzeit durchgeführt
- Start: April 2016

- WRF

- WRF 3.3.1 ist für 3 km Klimasimulationen nicht geeignet (numerische Probleme)
- Bug Report wurde eingereicht (Juli 2014)
- Seit Version 3.7.1 (August 2015) behoben
- Testsimulationen mit 3.7.1 werden derzeit durchgeführt
- Start: April 2016

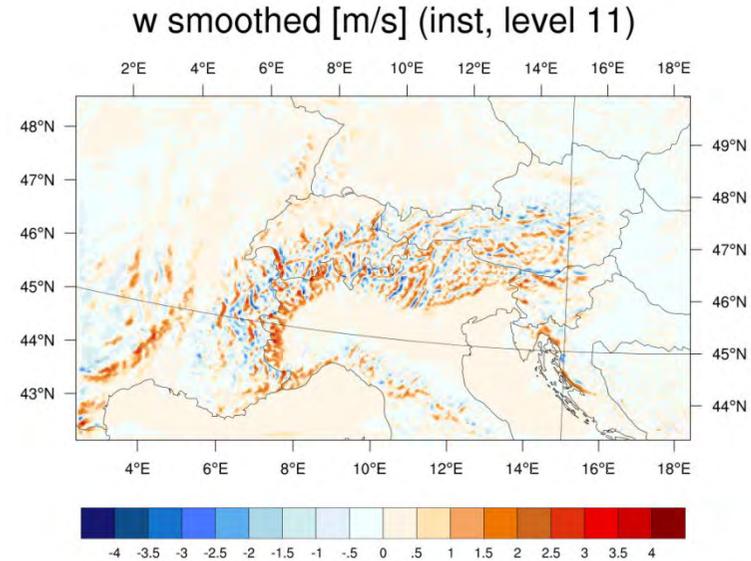
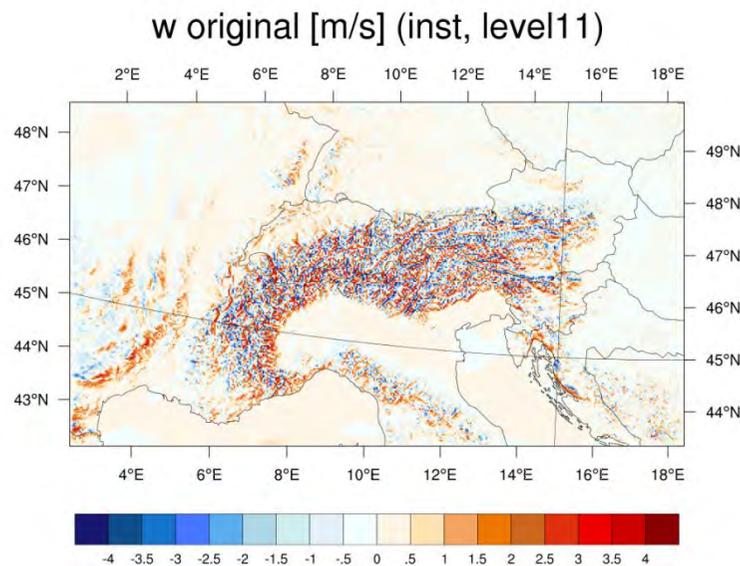
1990-04-16 00:00 Windkomponente U oberster Modelllevel



Simulationen

- REMO

- 12,5 km EURO-CORDEX Simulation (MPI-ESM-LR RCP8.5) ist abgeschlossen 😊
- Testsimulationen mit REMO-nh werden durchgeführt
- REMO-nh konnte soweit stabilisiert werden, dass Einzelereignisse simuliert werden können (lange Klimäläufe noch nicht möglich)



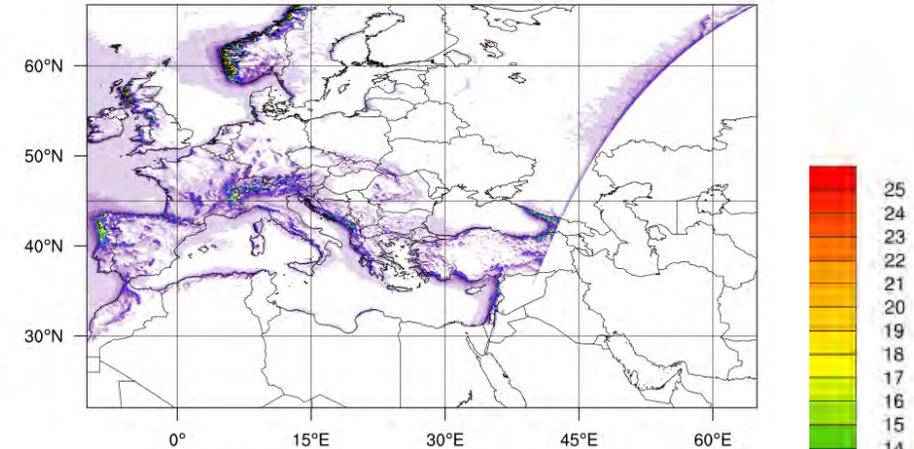
→ REMO-nh wird zu prozessorientierten Studien beitragen

Indizes

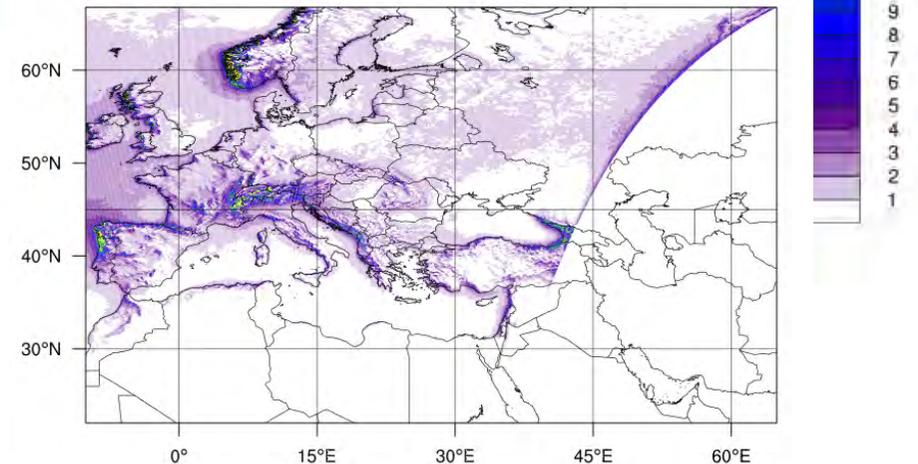
Extreme Precipitation Indices (<http://www.ecad.eu/>)

1. RR	(mm)	Precipitation sum
2. RR1	(days)	Number of wet days ($RR \geq 1$ mm)
3. SDII	(mm/wet day)	Simple daily intensity index
4. CWD	(days)	Maximum number of consecutive wet days ($RR \geq 1$ mm)
5. R10mm	(days)	Heavy precipitation days (precipitation ≥ 10 mm)
6. R20mm	(days)	Very heavy precipitation days (precipitation ≥ 20 mm)
7. RX1day	(mm)	Highest 1-day precipitation amount
8. RX5day	(mm)	Highest 5-day precipitation amount
9. R75p	(days)	Days with RR > 75th percentile of daily amounts (moderate wet days)
10. R75pTOT	(%)	Precipitation fraction due to moderate wet days (> 75th percentile)
11. R95p	(days)	Days with RR > 95th percentile of daily amounts (very wet days)
12. R95pTOT	(%)	Precipitation fraction due to very wet days (> 95th percentile)
13. R99p	(days)	Days with RR > 99th percentile of daily amounts (extremely wet days)
14. R99pTOT	(%)	Precipitation fraction due to extremely wet days (> 99th percentile)

r20mm_remo_eur011_histr2_1976-2005



r20mm_remo_eur011_rcp85r2_2070-2099



Zusammenfassung

- Grundlagen für prozessorientierte Analysen wurden geschaffen
- Modelle sind einsatzbereit
- Tool zur Berechnung der Indizes wird auf EURO-CORDEX angewandt

- Aufgrund von technischen Problemen und personellen Fluktuationen sind aber
 - Simulationen mit CCLM, WRF, REMO-nh
 - Analysen betreffend Klimawandelverspätet.

1. Aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus Extremereignisse und Klimawandel

2. HighEnd:Extremes

1. Ziele
2. Methoden
3. Status
4. Ausblick

Ausblick

- Simulationen mit CCLM, WRF und REMO-nh werden abgeschlossen
- Prozessorientierte Analysen werden durchgeführt
- Indizes werden ausgewertet
- Unterschiede zwischen starker und schwacher Klimaerwärmung werden untersucht
- Ergebnisse werden veröffentlicht
 - Publikationen und Präsentationen (Science-to-Science)
 - Klimaprojektionen werden auf Servern der Earth System Grid Federation (ESGF) und des CCCA Klimadatenzentrum
 - Presseaussendung mit Unterstützung des CCCA Servicezentrums (Science-to-Public)
 - CCCA Vernetzungsprojekt FRECH (Science-to-Expert)
- **Kostenneutrale Projektverlängerung wird beantragt**