



# Wird das Südöstliche Alpenvorland zur Sahel Zone?

Dr. Heimo Truhetz

Wegener Center für Klima und Globalen Wandel ([wegcenter.uni-graz.at](http://wegcenter.uni-graz.at)),  
Universität Graz

Email: [heimo.truhetz@uni-graz.at](mailto:heimo.truhetz@uni-graz.at)

Tel.: +43-316-380-8442

# Danksagung



“Research for Climate Protection: Value -adding Convection -Permitting Climate Simulations Austria” ( reclip:convex )”

Gefördert vom Klima- und Energiefonds durch das Austrian Climate Research Programme (ACRP, 10. Call) (ID: KR17AC0K13666)

Geleitet von Dr. Nauman K. Awan (GeoSphere Austria)

WEGC-team: Armin Schaffer, **Dr. Aditya Mishra**, Marie Piazza, and Emanuele Bevacqua

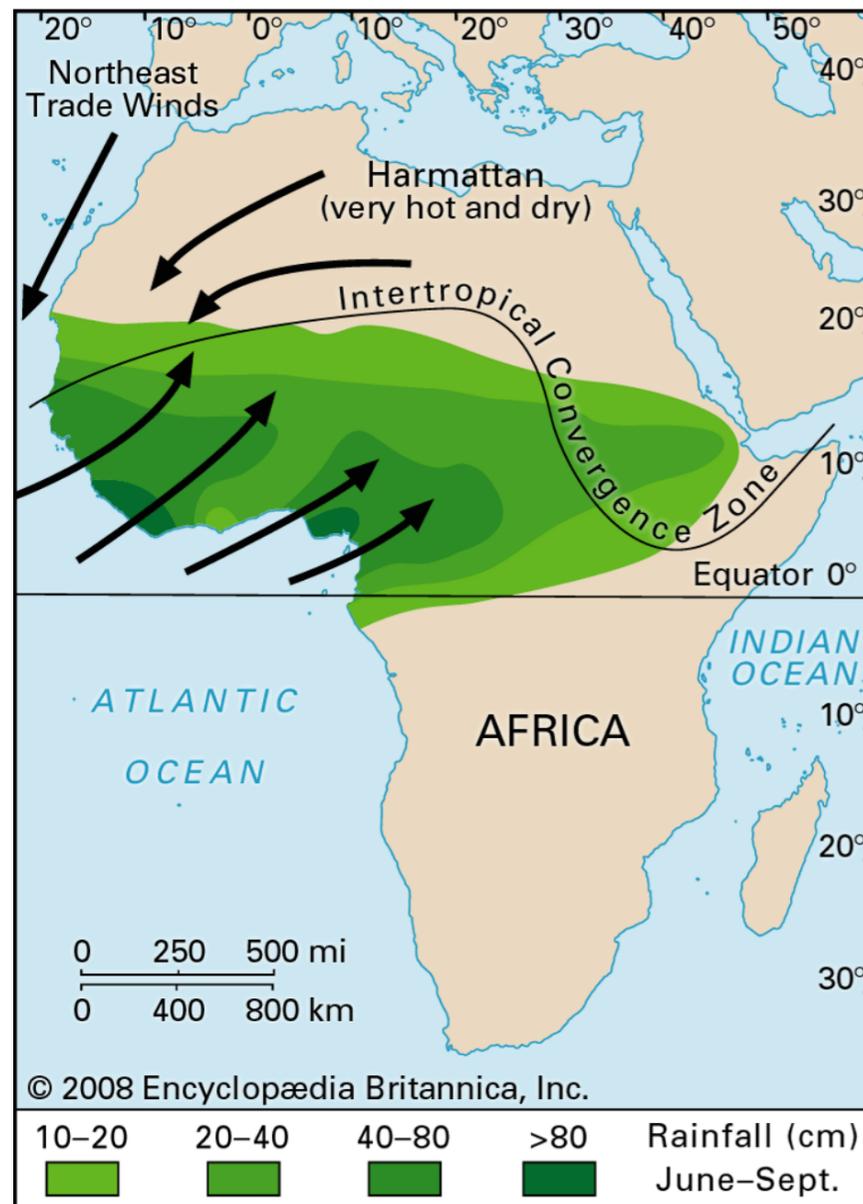


**Soil moisture precipitation feedbacks in the Eastern European Alpine region in convection-permitting climate simulations**

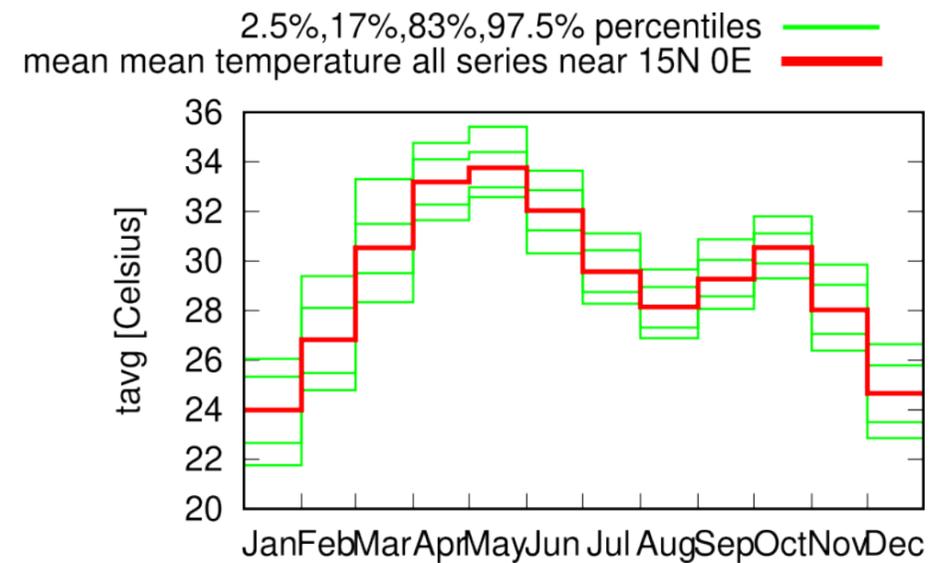
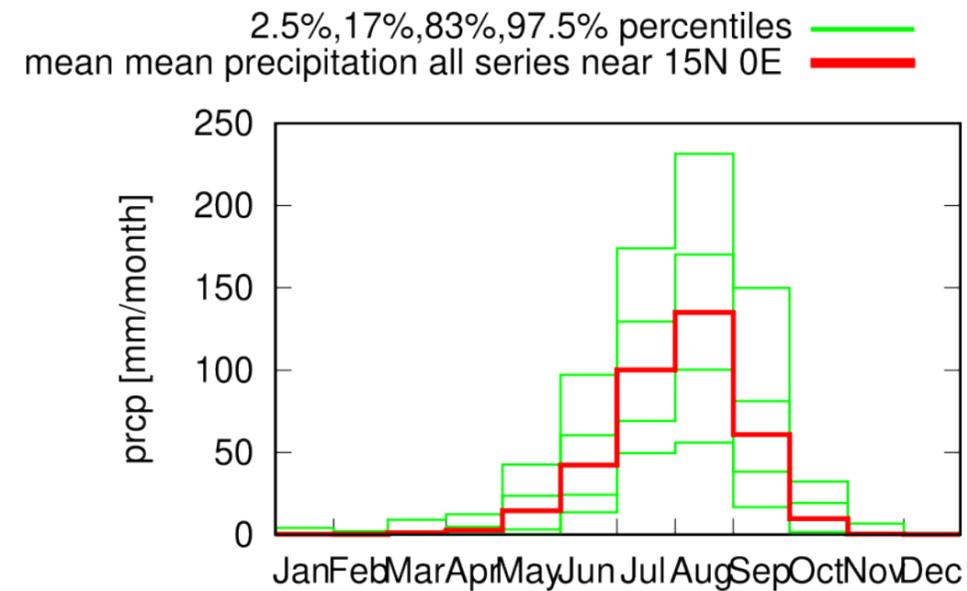
Heimo Truhetz  | Aditya N. Mishra 

*Int J Climatol*, <https://doi.org/10.1002/joc.8234>

# Die Sahel Zone



(Encyclopaedia Britannica, 2008)



(KNMI, Climate Explorer, [climexp.knmi.nl](http://climexp.knmi.nl))



(NOAA, 2006)

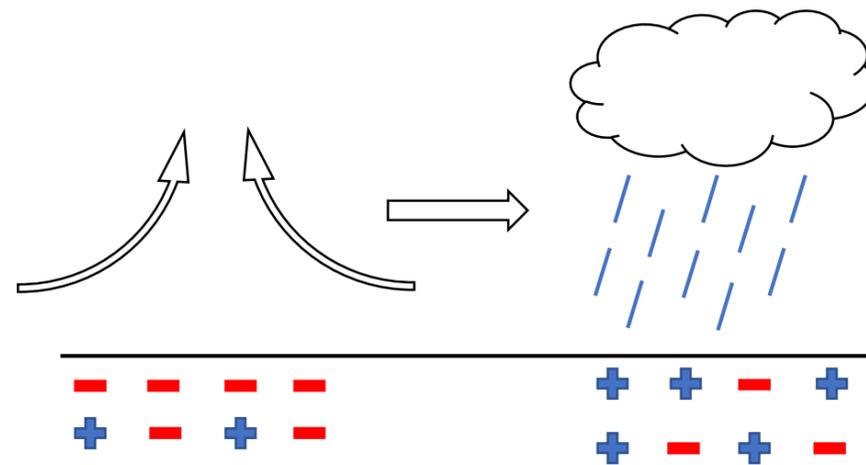


(Tiveau, D., CIFOR)

# Die Sahel Zone

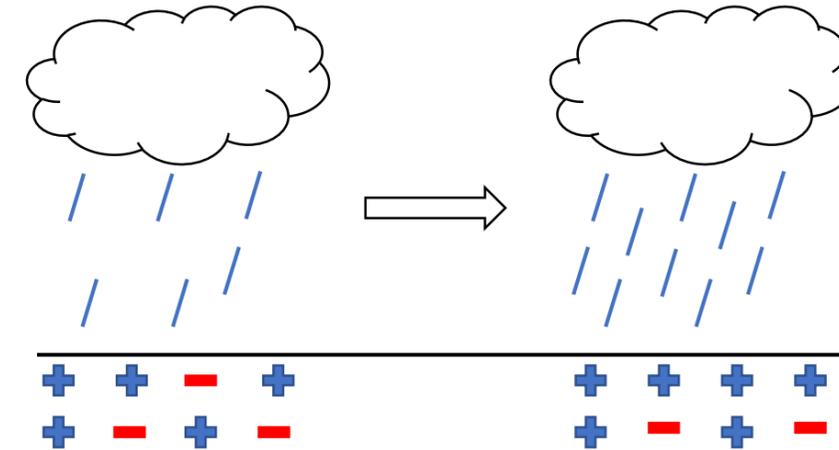


## Negative Rückkopplung



- Taylor et al., *Nature*, 2012
- Taylor et al., *GRL*, 2013
- Guillod et al., *Nat Comm*, 2015
- Hohenegger & Stevens, *Proc. Nat. Acad Sci*, 2018
- Young et al, *Sci Rep*, 2018
- Moon et al., *GRL*, 2019
- ...

## Positive Rückkopplung

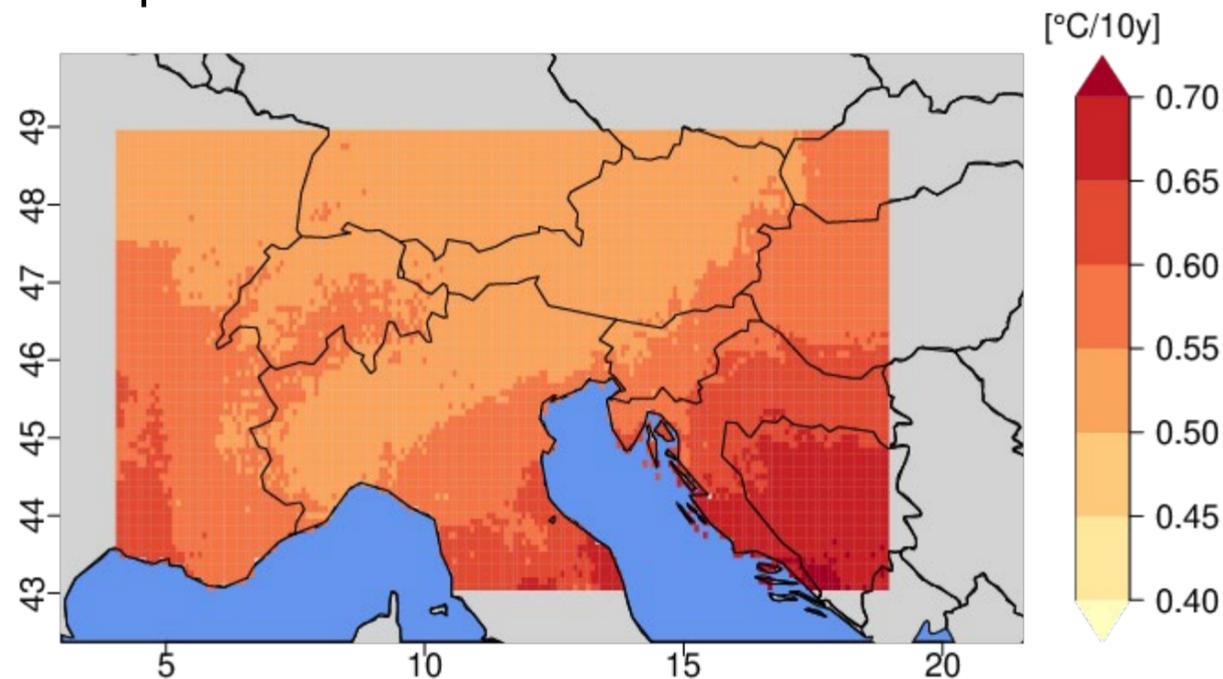


- „Wet-get-wetter / dry-get-dryer“ durch Clausius-Clapeyron (+7%/°C)
- Held & Soden, *J Climate* 2006
- Chou & Neelin, *J Climate* 2004
- Chou et al., *J Climate* 2009
- ...

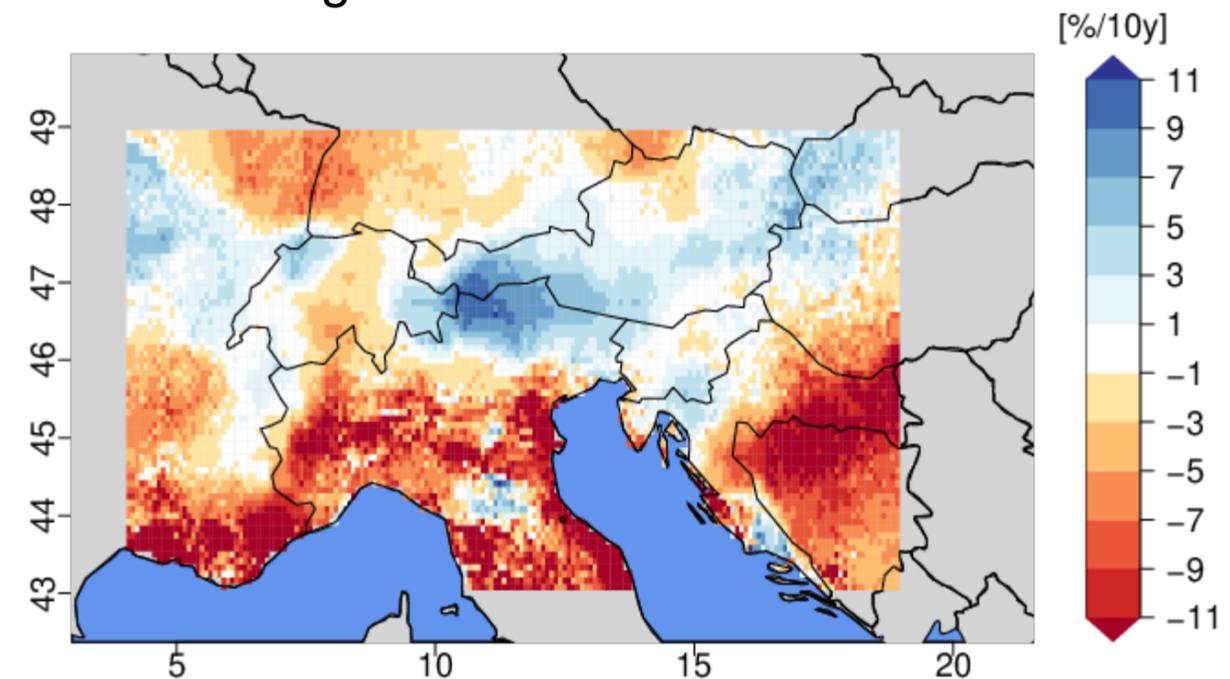
# Südöstliches Alpenvorland Pannonische Tiefebene



Temperaturtrend im Sommer 1971 - 2000



Niederschlagstrend im Sommer 1971 - 2000



Datenquelle: HISTALP (Auer et al., 2007)

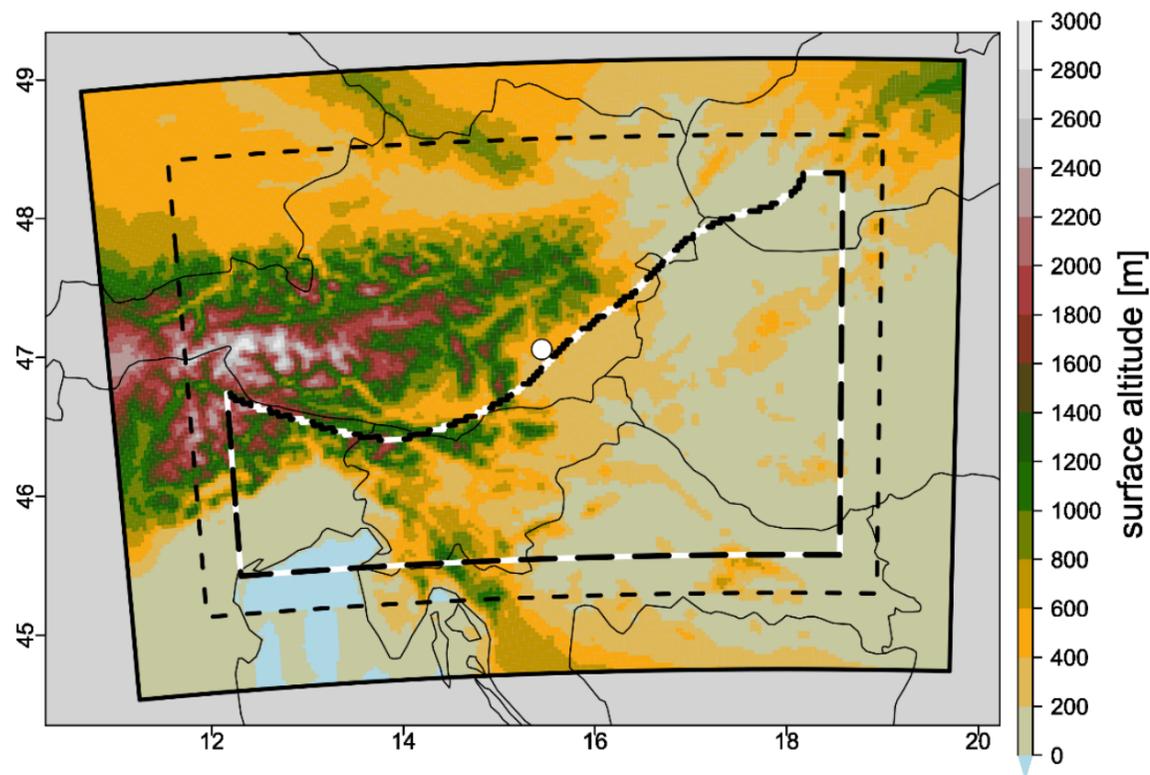
- Welche Rolle spielt die Bodenfeuchte bei der Entstehung von Sommerniederschlägen?
- Wie ändert sich diese Rolle im Zuge des Klimawandels?

# Methode



- Konvektionserlaubende (3 km Gitterweite) Bodenfeuchte-Sensitivitätssimulationen mit **Pseudo GlobalWarming** kombiniert
- Modell: **COSMO-CLM** (Rockel et al, 2008)

- **5 Storylines** an Bodenfeuchteszenarien (>4 m) -10 %, -5 %, 0 %, +5 %, +10 %
- **4 Storylines** an thermodynamischen Klimaänderungen aus GCMs (RCP8.5) verschiedene Szenarien der Feuchteänderung für Sommer



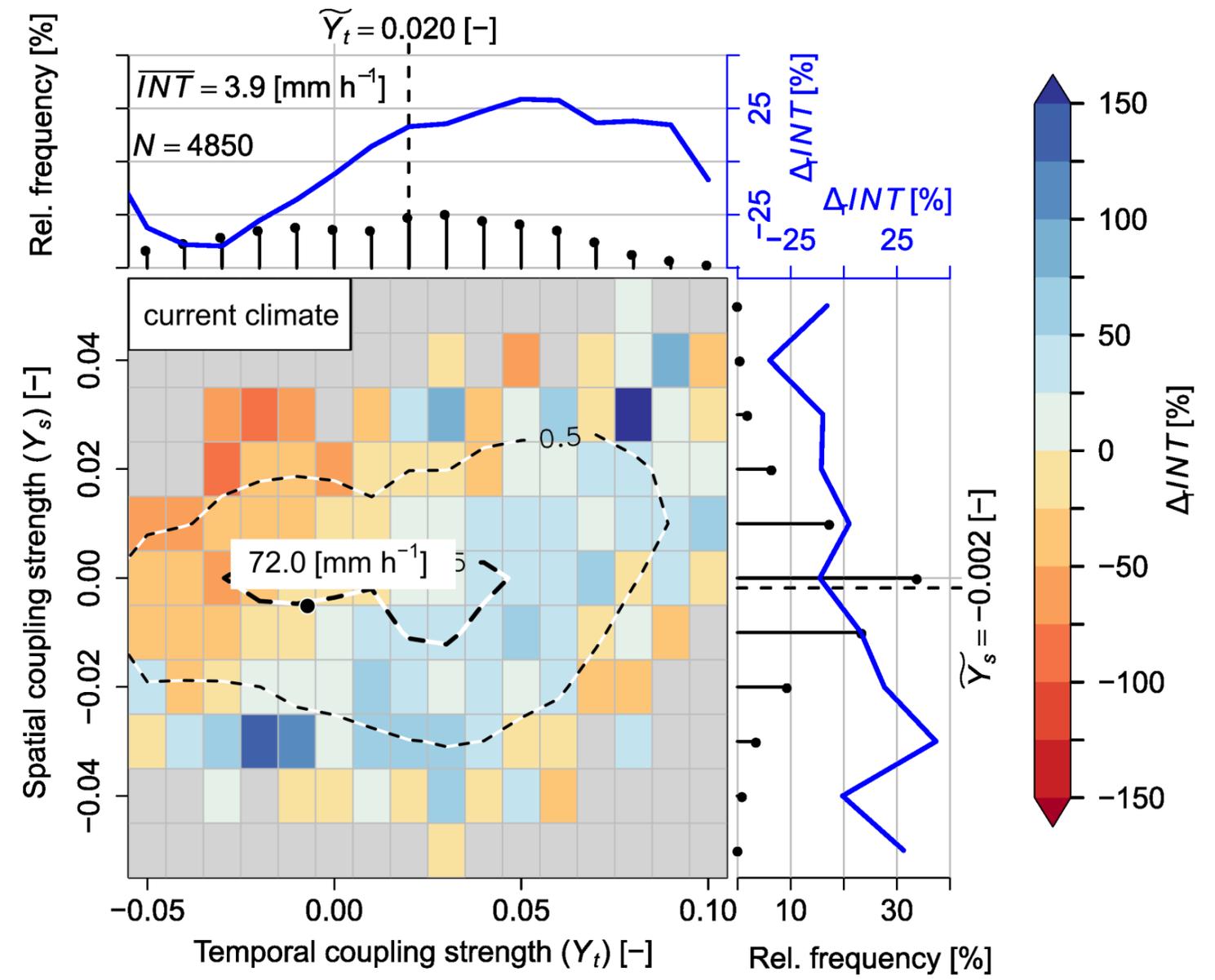
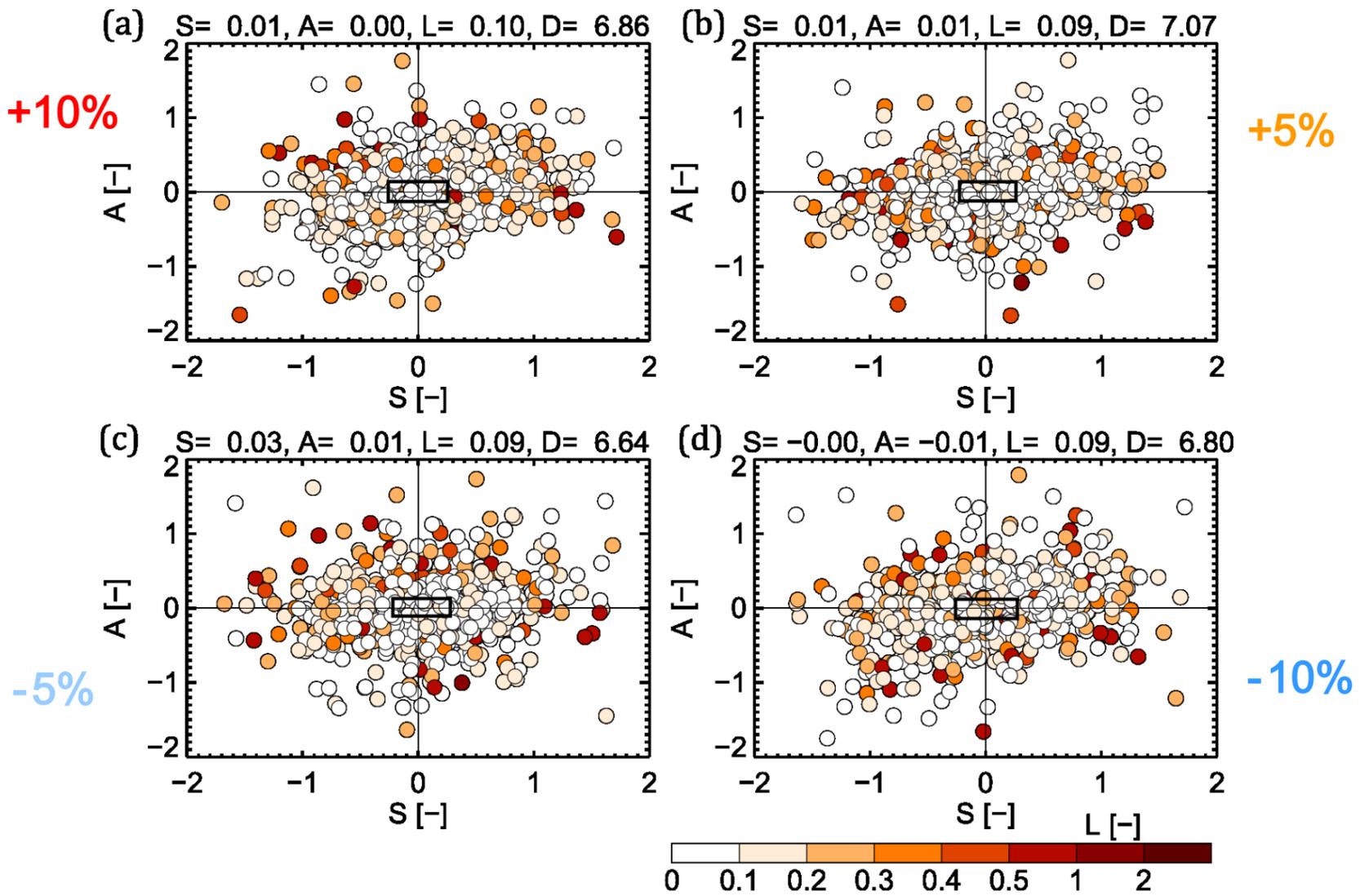
CGM	$\Delta_r^{CC}T$ [°C]	$\Delta_r^{CC}X$ [%]	$\Delta_r^{CC}TP$ [%]
HadGEM2-CC	+5.5	-15.2	+20
IPSL-CM5 A-MR	+4.9	-53.5	-52
MIROC-ESM	+5.9	-53.2	-50
GFDL-ESM2M	+4.5	-42.1	-45

} ähnlich wie in Sahel Zone

- Antriebsdaten: **IFS** (~25 km Gitterweite)
- Simulationszeitraum: **Okt 2008 bis Aug 2009**

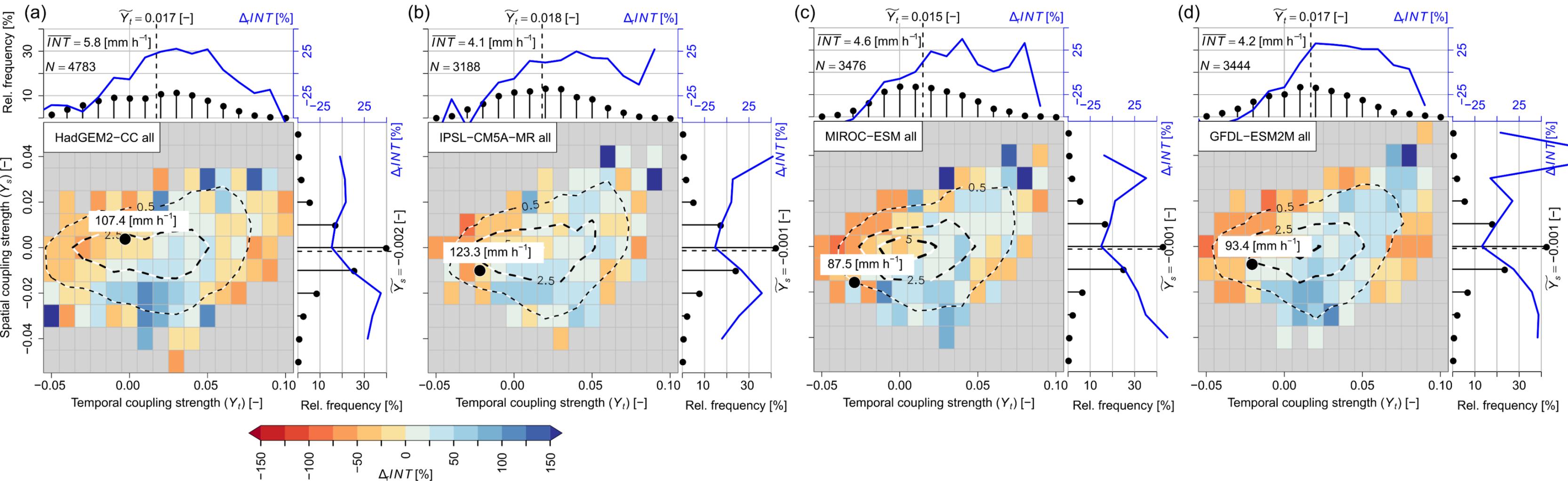
- **Event-basierte Analysen:** Structure, Amplitude, Location (SAL) Statistik (Wernli et al., 2008) räumliche und zeitliche Bodenfeuchte-Niederschlags Kopplungsstärken
- **Analysen auf saisonaler Basis** (Guilod, et al., 2015) Auswirkungen von Unsicherheiten der Bodenfeuchte auf lokale Klimawandel vorhersagen des Sommerniederschlags

# Bodenfeuchtekopplung aktuelles Klima



- Bodenfeuchte-Storylines haben keinen Einfluss auf die Struktur des Niederschlags determinieren aber die Position des nächsten Niederschlagsereignisses

# Bodenfeuchtekopplung zukünftige Klimate

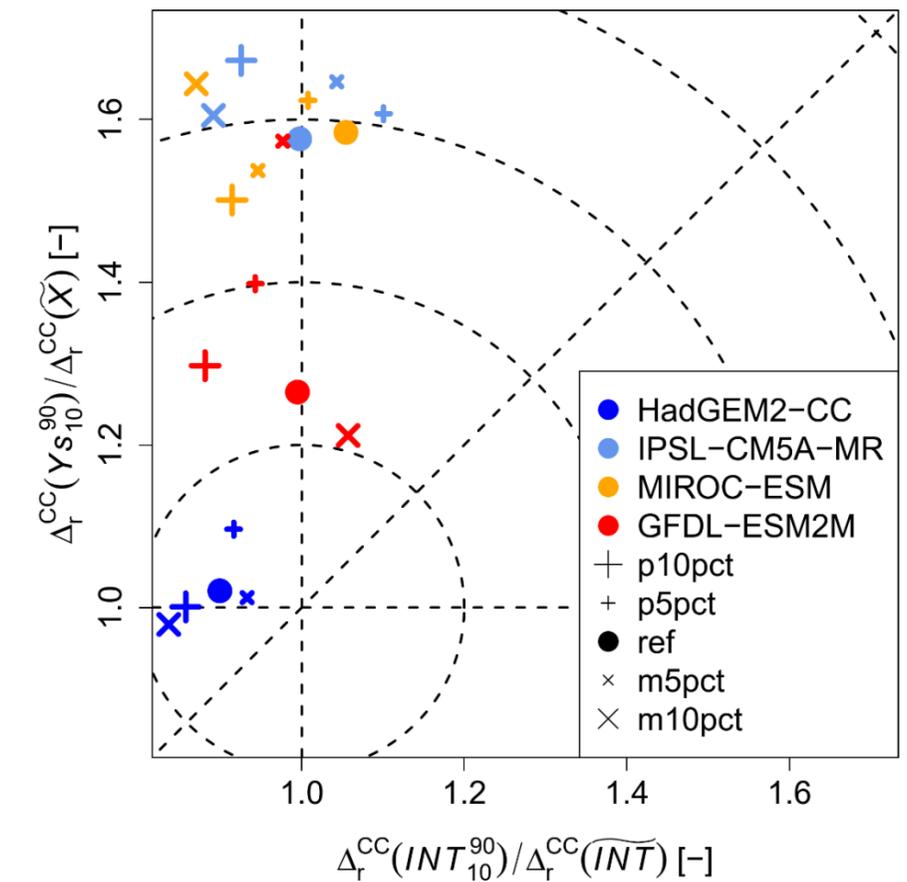
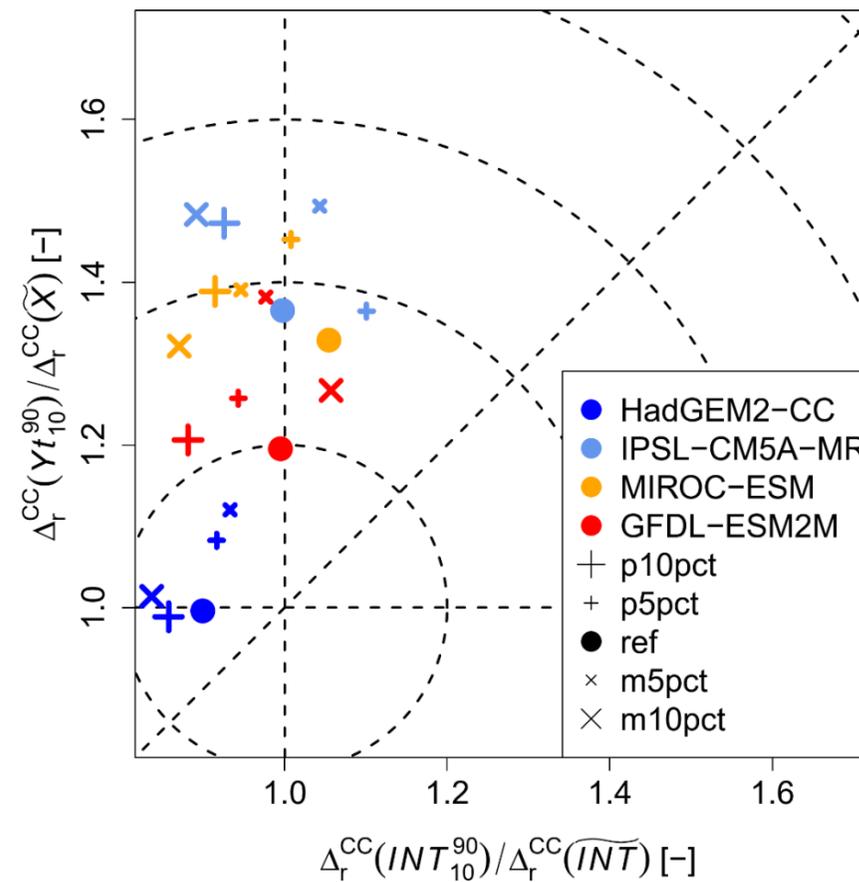
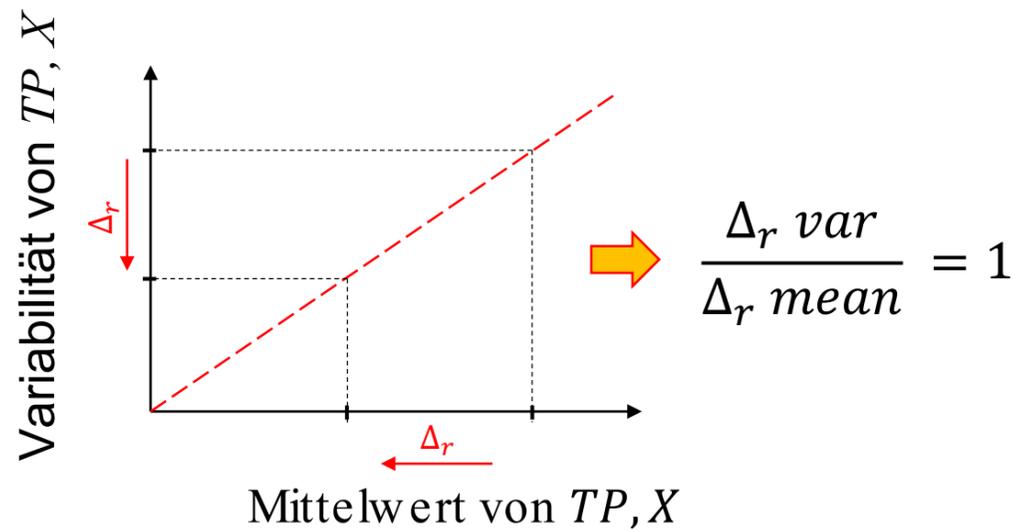


- Charakteristik der Bodenfeuchtekopplung bleibt erhalten
- Keine Verschiebung in Richtung negative Kopplung → keine Sahel Zone 😊

# Bodenfeuchtekopplung zukünftige Klimate



bei thermodynamischer Klimaänderung



- Niederschlagsänderungen skalieren linear mit thermodynamischer Änderung
- Bodenfeuchtekopplungsstärken nehmen überproportional zu (bis zu 50% bis 70% bei starkem Rückgang der Bodenfeuchte)

# Fazit



- Räumliche Bodenfeuchteverteilung unmittelbar vor Einsetzen eines Niederschlagsereignisses bestimmt den Ort des folgenden Niederschlags
- Starkregenereignisse bevorzugen positive zeitliche und indifferente räumliche Kopplung
- Diese Zusammenhänge sind unabhängig vom aufgeprägten Klimawandel
  - ➔ keine Verschiebung in Richtung negative Kopplungen
- Bei zunehmender Austrocknung nehmen Bodenfeuchtekopplungsstärken überproportional (+50% bis +70%) zu, während Niederschlagsintensitäten linear mit dem thermodynamischen Klimawandel skalieren.
- ➔ Je nach Storyline könnte sich das Südöstliche Alpenvorland zur Sahel Zone entwickeln (eher unwahrscheinlich)
  - ➔ eine Verstärkung der negativen Bodenfeuchtekopplung ist kein regionales Phänomen ist nur durch eine Änderung der Wetterlagen erklärbar

**Danke für die Aufmerksamkeit!**

# Appendix



# Structure - Amplitude - Location Index



Wernli et al. (2008), Davis et al. (2006)

$$S = \frac{V(R_{MOD}^*) - V(R_{OBS}^*)}{0.5 [V(R_{MOD}^*) + V(R_{OBS}^*)]}$$

$V(..)$  mittleres skaliertes Niederschlagsvolumen

$$R^* = R/R_{max}$$

$R_{max}$  ... max. Niederschlag

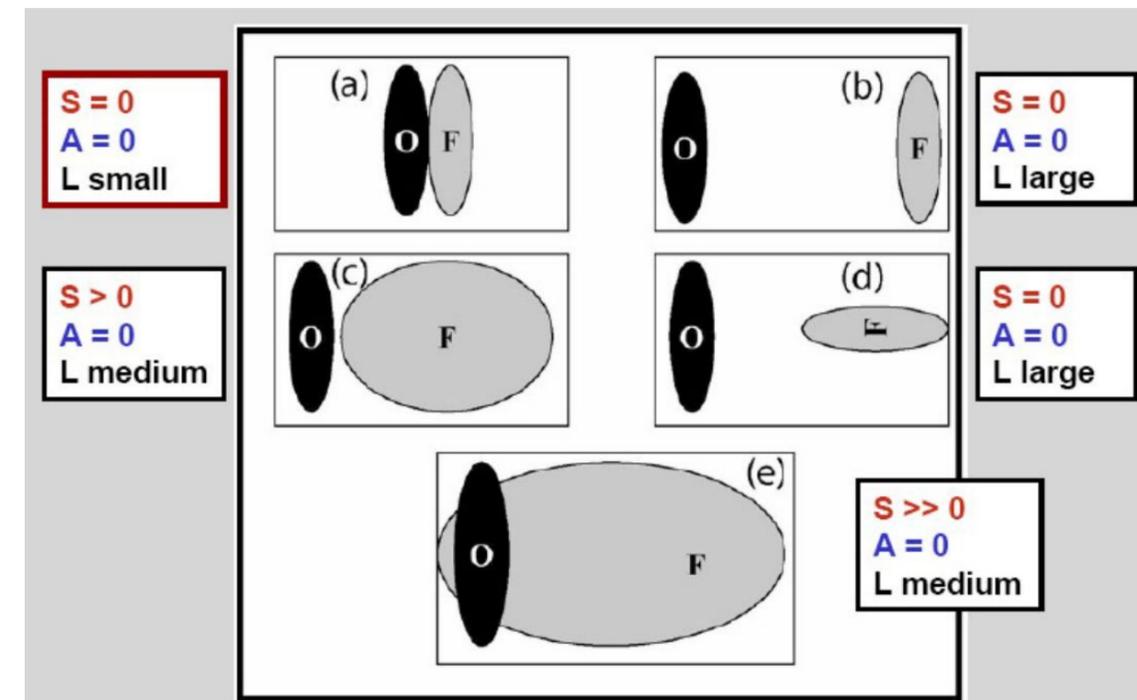
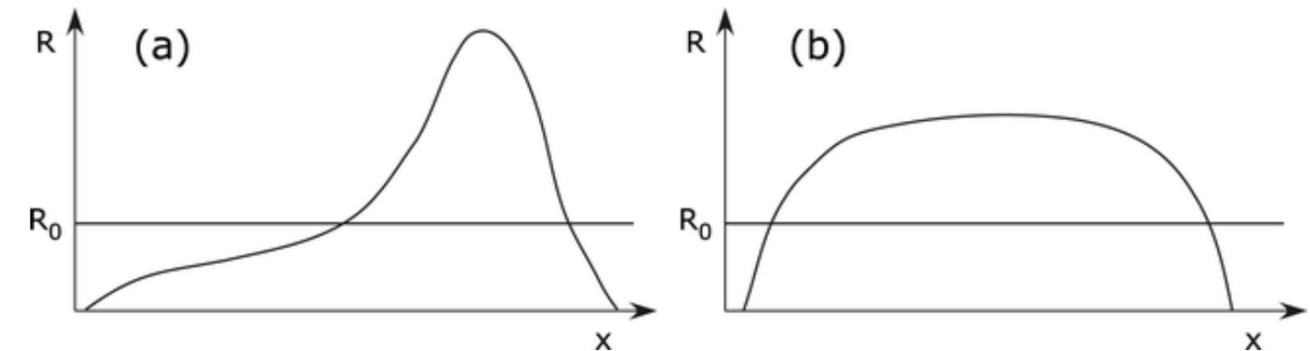
$$A = \frac{D(R_{MOD}) - D(R_{OBS})}{0.5 [D(R_{MOD}) + D(R_{OBS})]}$$

$D(..)$  mittlere Niederschlagsmenge

$$L = \frac{|\vec{r}(R_{MOD}) - \vec{r}(R_{OBS})| + 2 |d(R_{MOD}) - d(R_{OBS})|}{d_{max}}$$

$r(..)$  Ort des Niederschlagszentrums

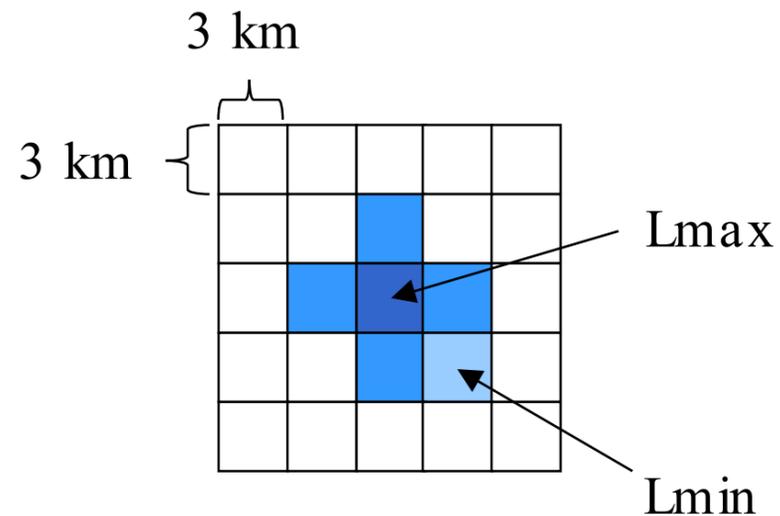
$d(...)$  mittl. Abstand vom Zentrum



# Bodenfeuchte - Niederschlag Kopplungsstärken



Taylor et al. (2012), Guillod et al. (2015), Moon et al. (2019)



Pro Niederschlagsereignis

$L_{max}$  = maximale stündliche Niederschlagsintensität

$L_{min}$  = minimale stündliche Niederschlagsintensität

$X'$  = Bodenfeuchte vor dem Event – mittlere Bodenfeuchte

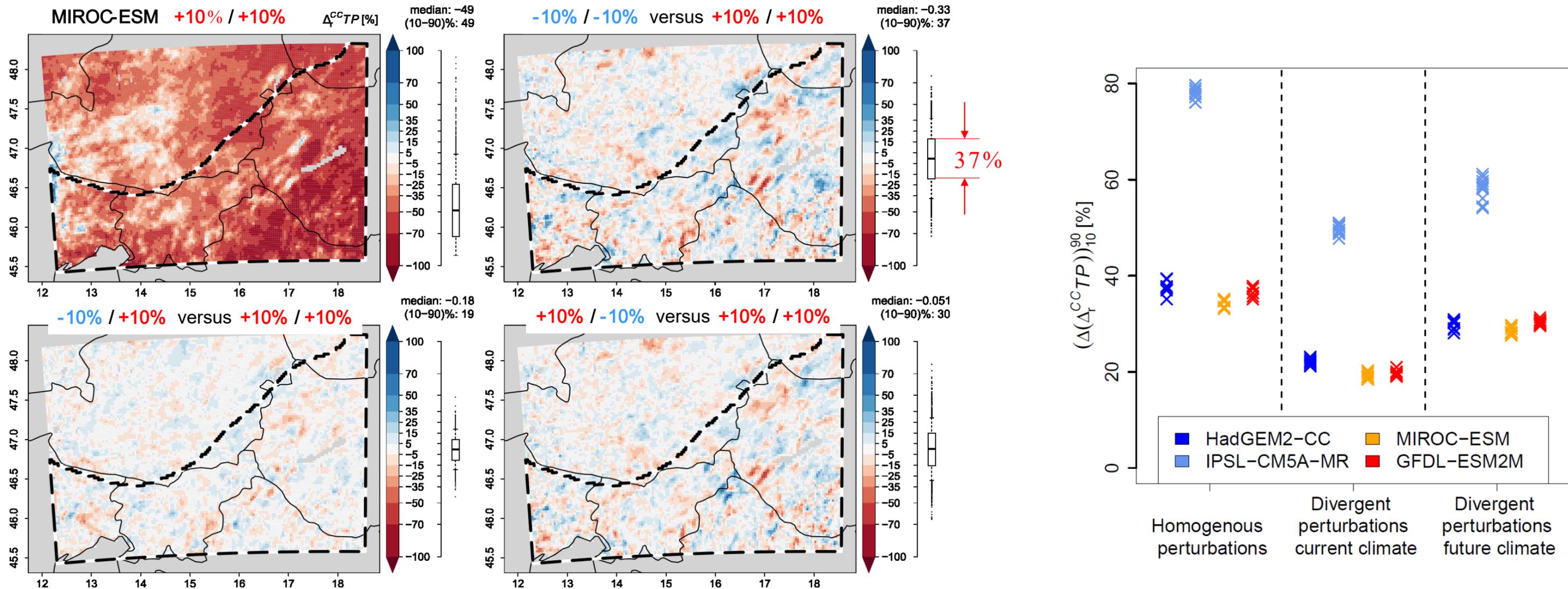
$$Y^t = X'_{L_{max}}$$

$$Y^s = X'_{L_{max}} - X'_{L_{min}}$$

$$X = \frac{\theta - \theta_{wilt}}{\theta_{sat} - \theta_{wilt}}$$

$\theta$  ...vol. Bodenfeuchte [ $m^3/m^3$ ]

# Unsicherheit in Klimawandelvorhersagen



- Unsicherheiten in der Bodenfeuchte der Zukunft dominiert die Gesamtunsicherheit der Klimawandelvorhersage des Niederschlags