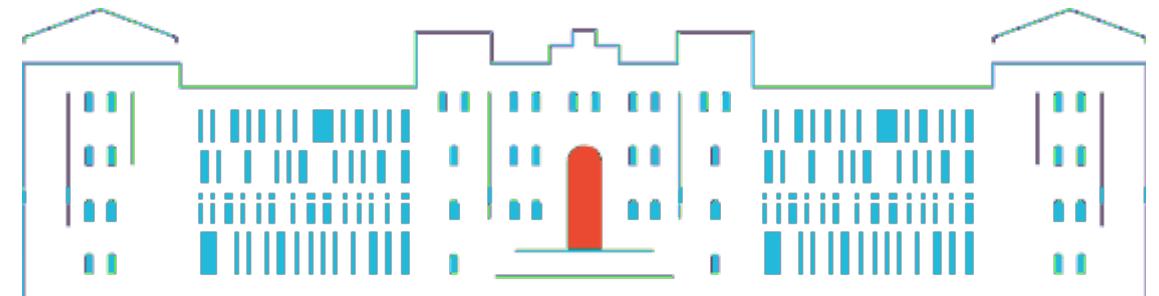
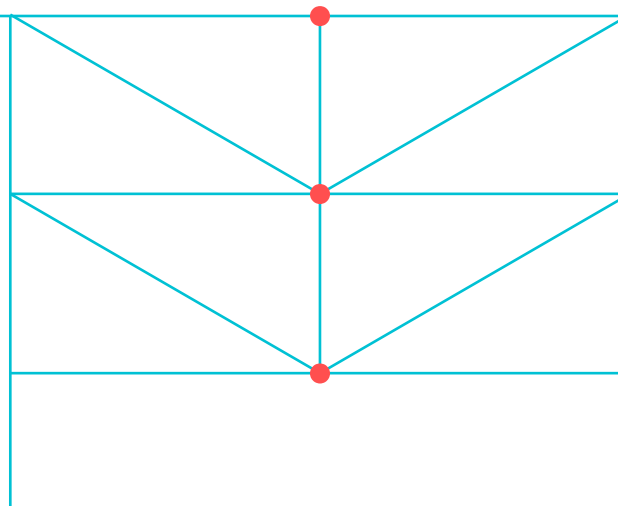


Hamburg University of
Technology

Institute for Global Water
Security

Zwischen Hoch- und
Niedrigwasser –
Hydrologische Extreme im
Klimawandel

TUHH
Technische
Universität
Hamburg



Dr. Benjamin Poschlod

36. Norddeutsches Kolloquium zur Abwasserwirtschaft

Motivation



© AFP / Getty:

ing and hail)

s, droughts

e

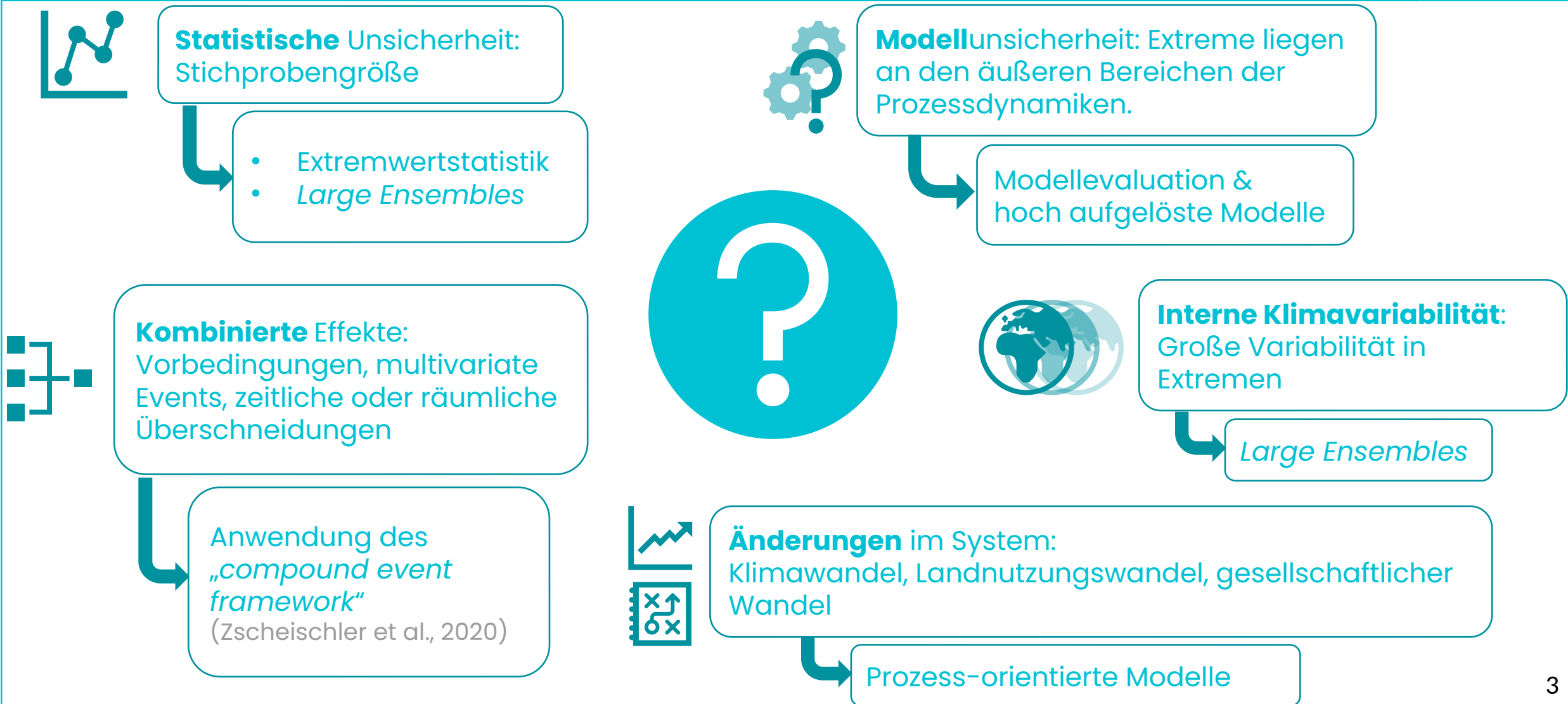
basierend auf
RiskLayer



Große Auswirkungen
auf **Wirtschaft**,
Ökologie und
Gesellschaft.

„Hydrologische“
Naturgefahren führten in
der EU (1980 – 2023) zu
einem wirtschaftlichen
Verlust von über **300
Milliarden Euro** (EEA,
2024)

Unsicherheiten bei der Erforschung von Extremereignissen



Large ensembles: SMILE

SMILE = **s**ingle **m**odel **i**nitial-condition **l**arge **e**nsemble

Ein einziges Klimamodell

leicht abweichende
Startbedingungen

Ein Ensemble aus mehreren
Simulationen: „Member“

jede Realisation ist gleich
wahrscheinlich

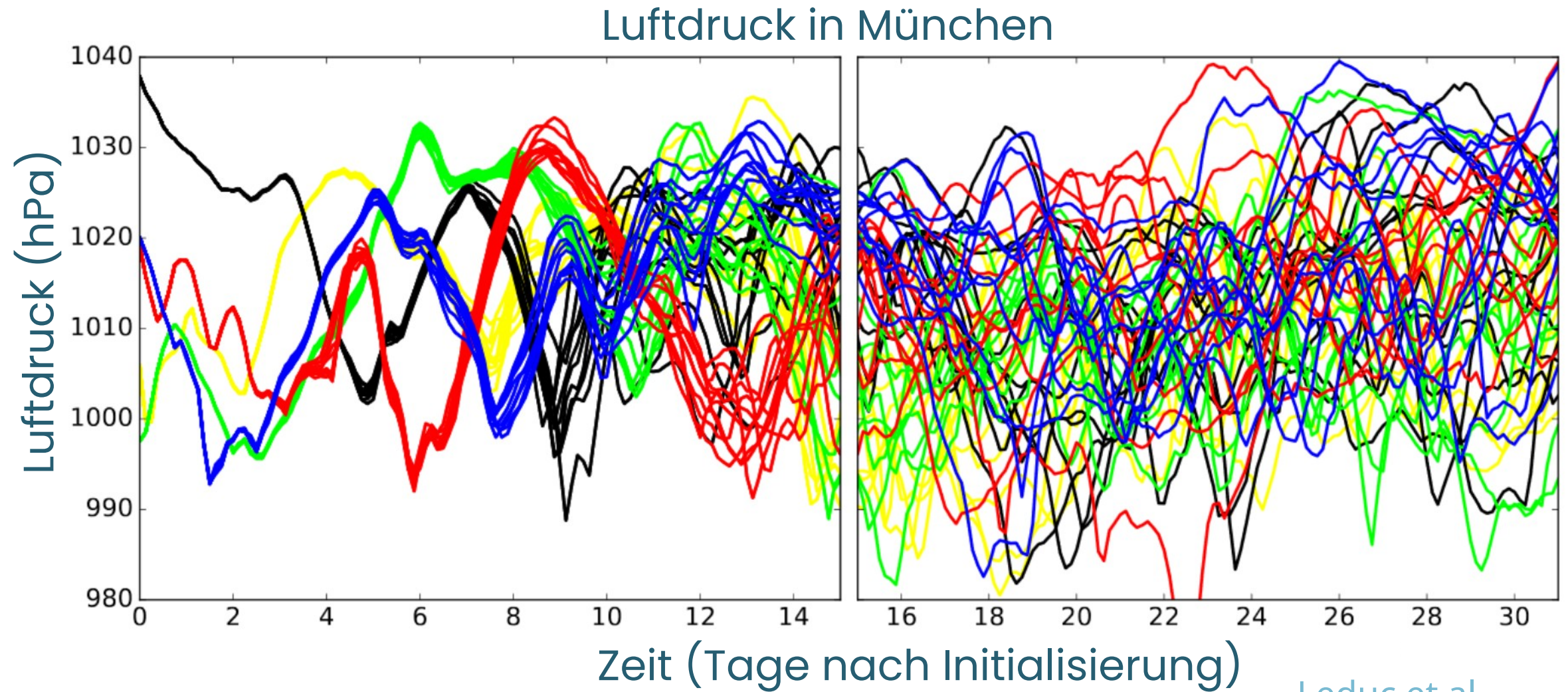
Interne Klimavariabilität kann
quantifiziert werden

Robuste Stichprobengröße für
seltene, extreme Ereignisse

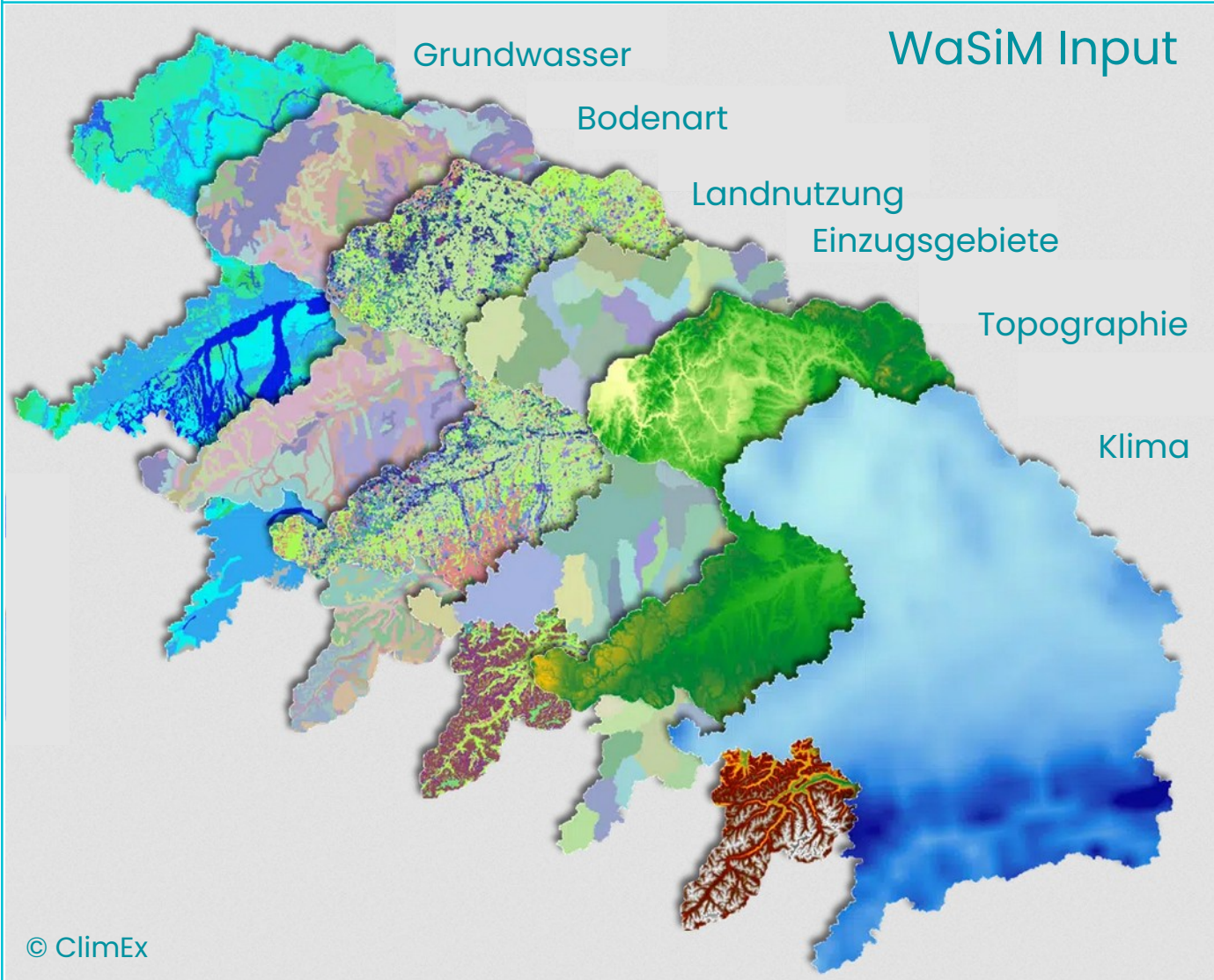
Allerdings: Die übliche räumliche Auflösung globaler Klimamodelle (100–300 km) ist viel zu grob, um das Klima in den für hydrologische Extreme relevanten Maßstäben darzustellen.

© M. Boettinger & J.
Marotzke

Variabilität nach Initialisierung



Aufsetzen eines Hydro-SMILE

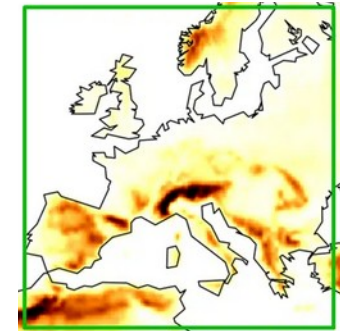


50-member CanESM2 2.8°

Stochastic Downscaling

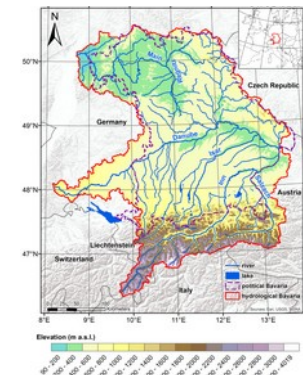


50-member CRCM5 0.11°

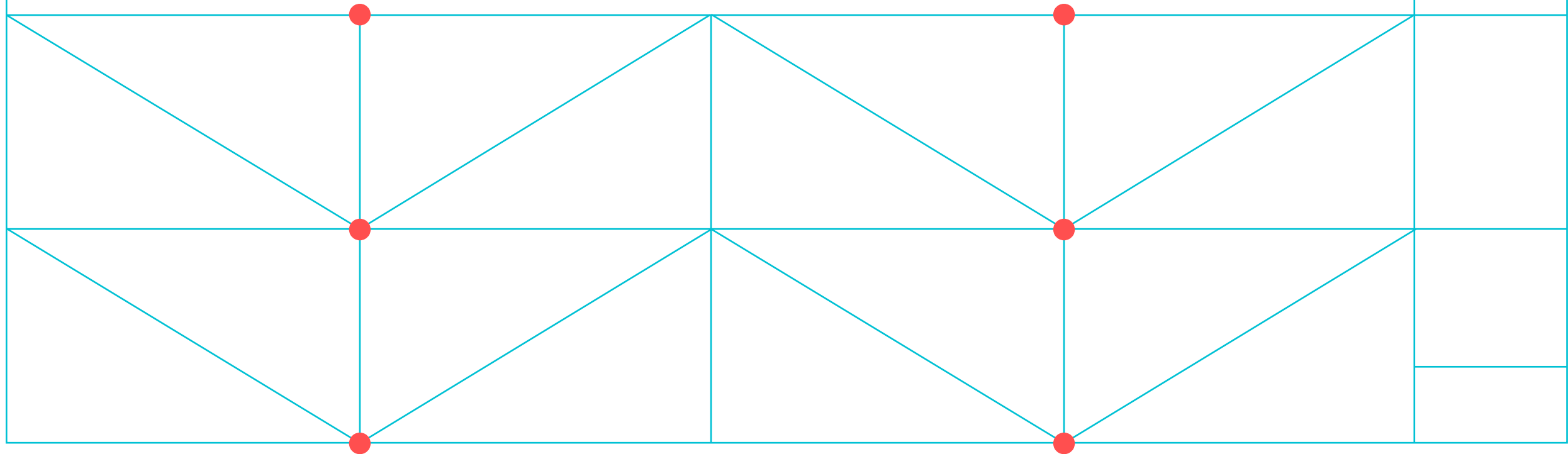


Interpolation & Stochastic Downscaling

50-member WaSiM-LE 500m
(1981 – 2099)



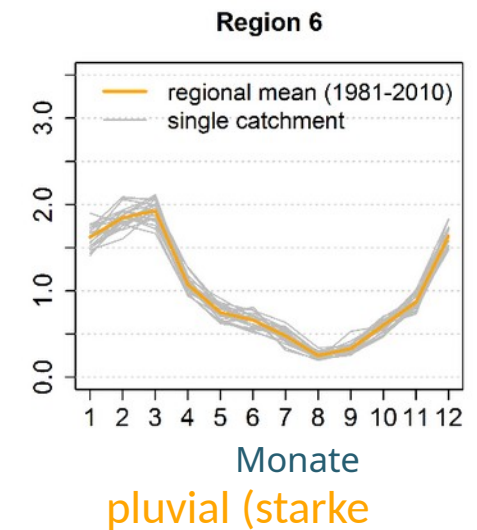
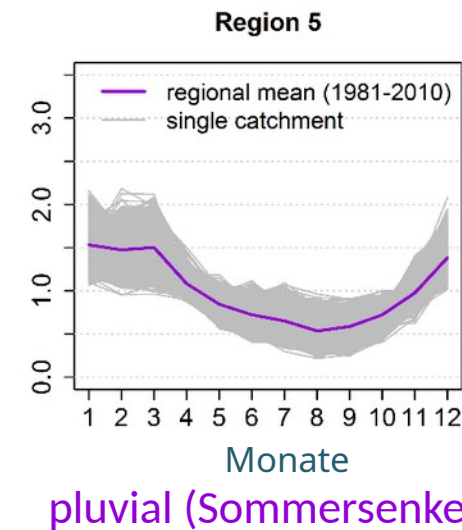
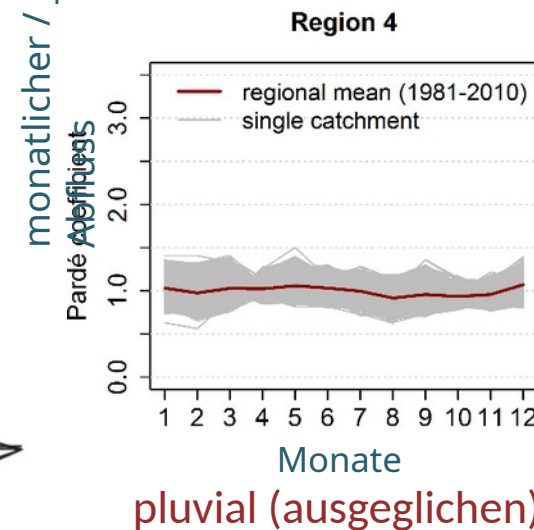
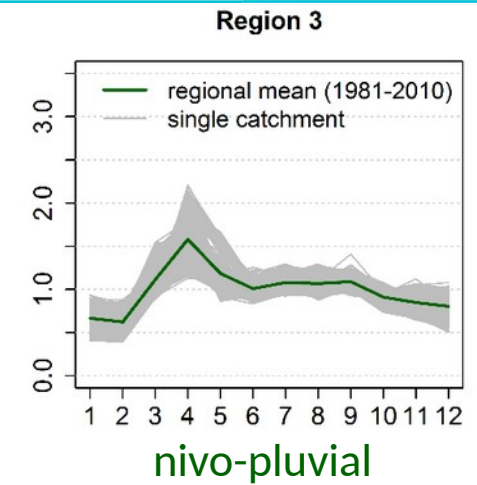
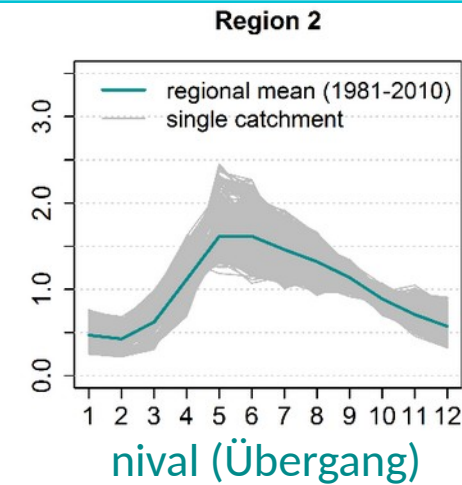
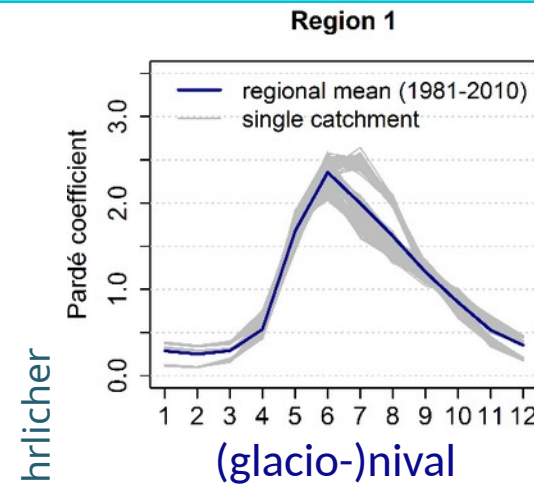
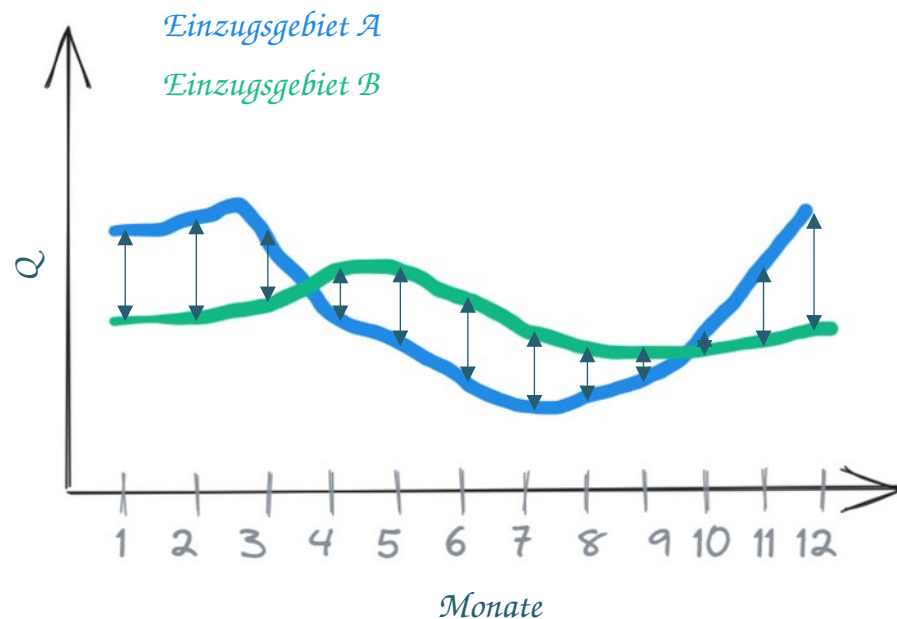
Änderungen der hydrologischen Regime

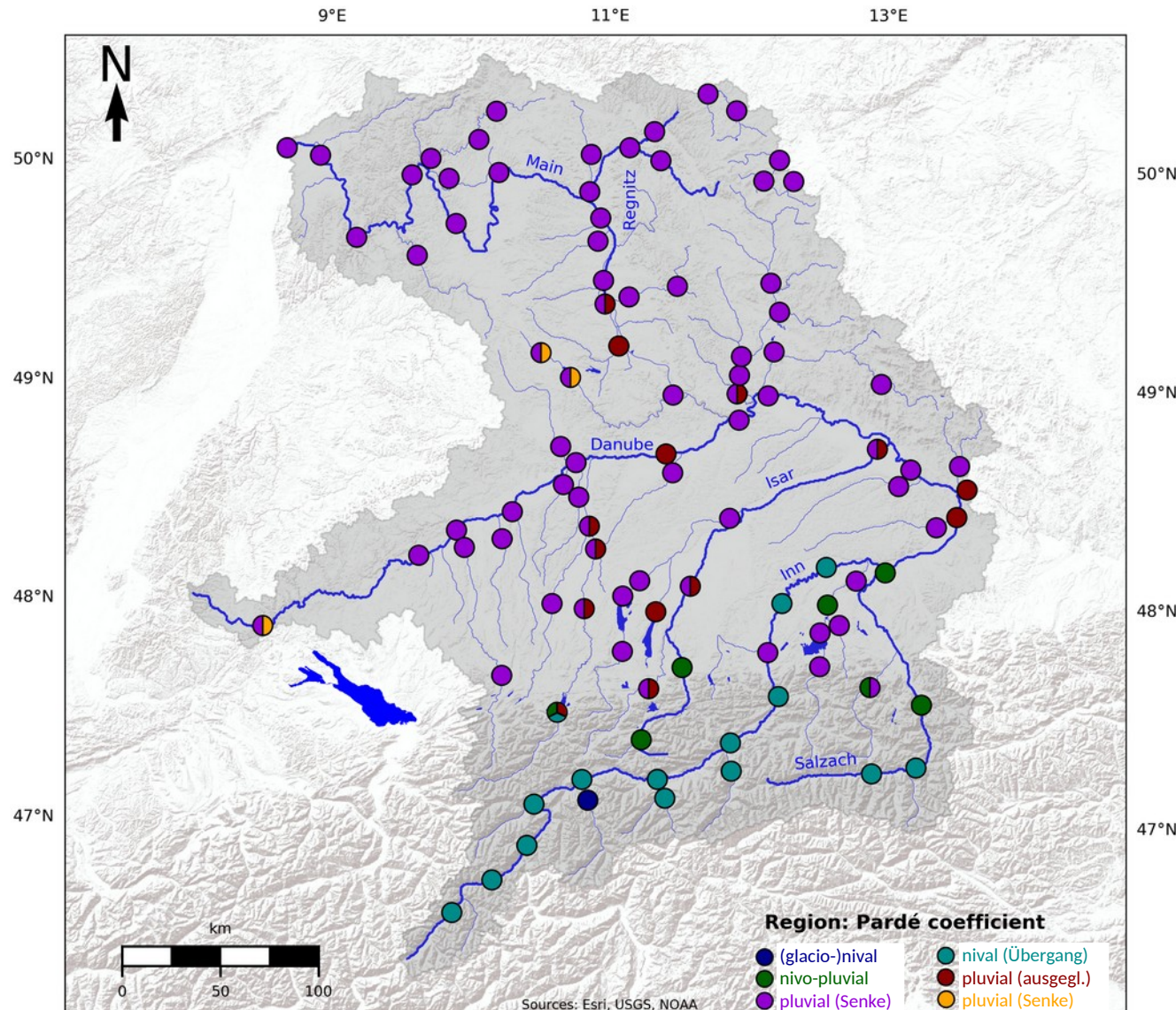


Regimeklassen

WaSiM-LE:

- 50 Member
- 98 Einzugsgebiete
- → **4900 Regime pro Periode**

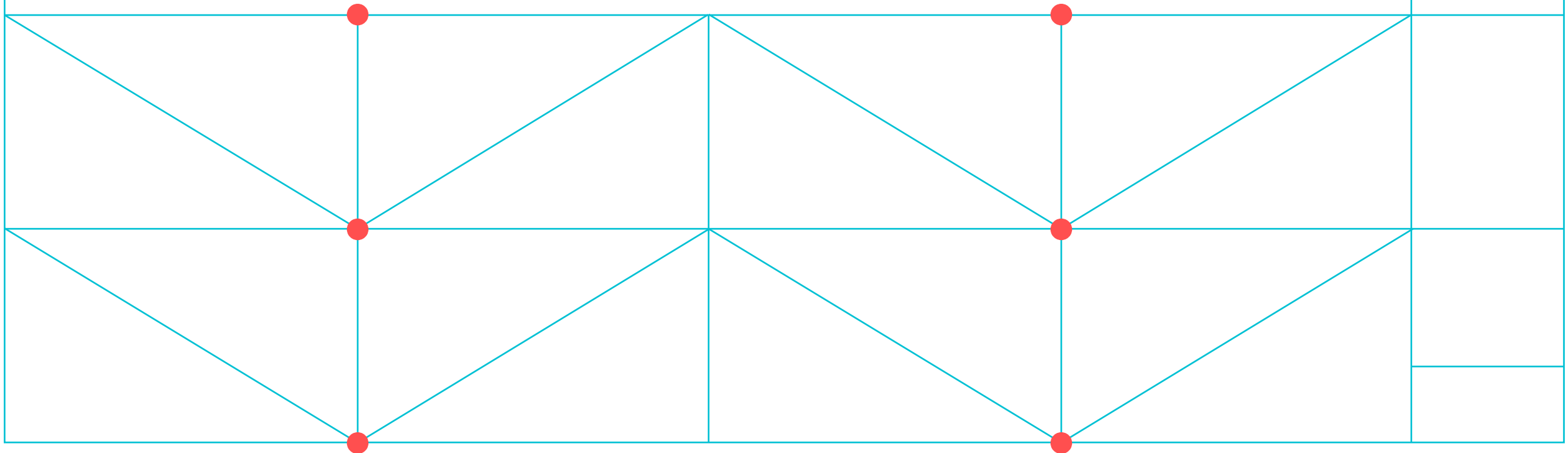




Ergebnis:

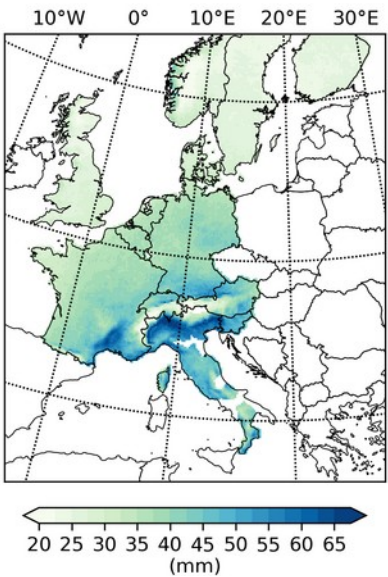
- 43 % der Einzugsgebiete werden bis 2071–2099 ihre Regimeklasse ändern
- Starke Veränderungen in den voralpinen Flusseinzugsgebieten
- Erhebliche Auswirkungen auf Wassermanagement, Wassertemperaturen und Flussökologie

Änderungen der Hochwasserereignisse

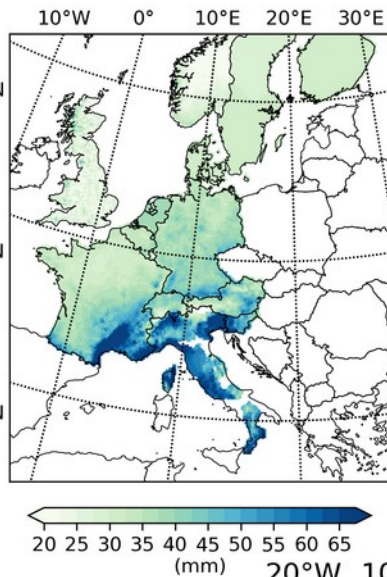


Modellevaluation: Starkregen – 10-jährliches Wiederkehrintervall der Dauerstufe 3h

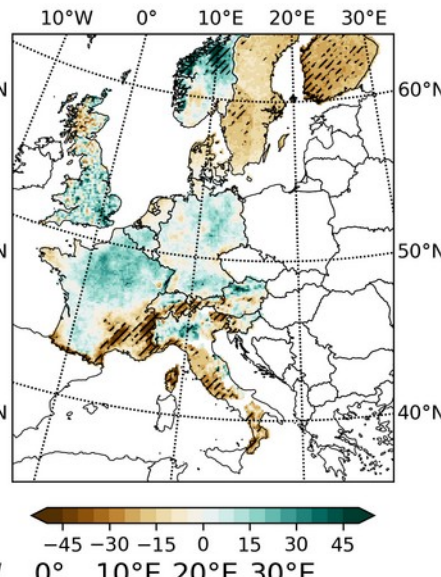
CRCM5-LE: 1980 – 2009



Observation



Differenz



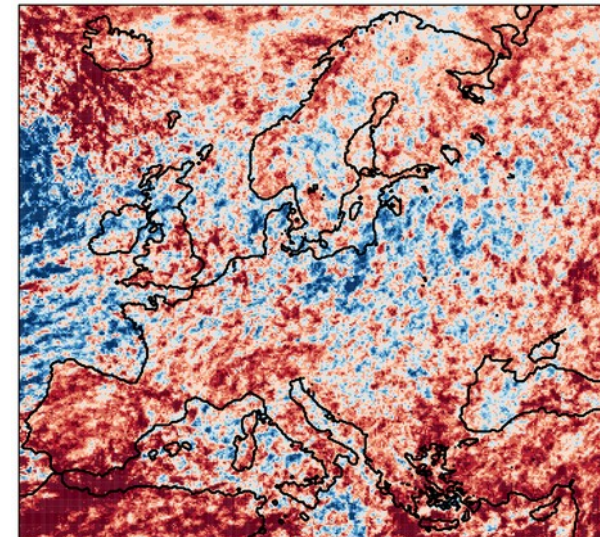
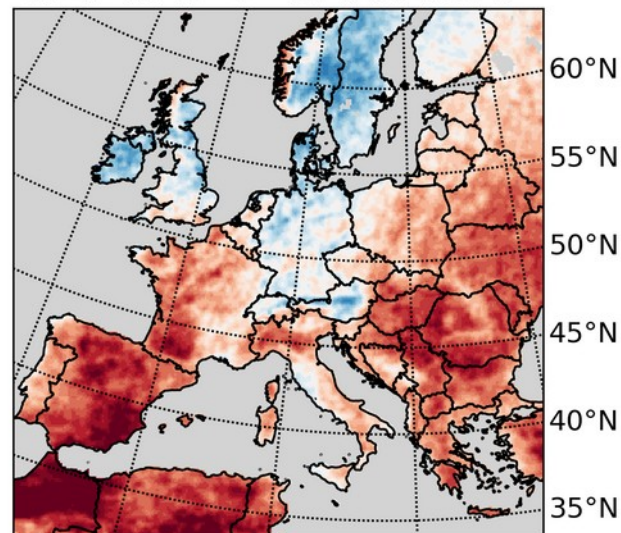
Bias: -3.0 %

Rangkorrelationskoeffizient nach
Pearson $\rho = 0.82$

Observationen sind in **77 %** des
Studiengebiets **innerhalb** der
Bandbreite des CRCM5-LE.

Nach der
thermodynamischen
**Clausius-Clapeyron
(CC) Beziehung** steigt
die Starkregenintensität
um etwa **~7%** pro Grad
Erderwärmung.

Poschlod et al., 2021 *Earth System Science Data*
<https://doi.org/10.5194/essd-13-983-2021>



eg über CC:
"-CC-scaling"

Berg et al., 2019 *NHESS*
1.5 <https://doi.org/10.5194/essd-13-983-2021>

Environmental Research Letters
<https://doi.org/10.1088/1748-7598/ac0849>

Änderungen der Eintrittswahrscheinlichkeit: 1980 – 1999 versus 2015 – 2034



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Climate Risk Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/crm



Lang & Poschlod, *Climate Risk Management*
<https://doi.org/10.1016/j.crm.2024.100594>

Updating catastrophe models to today's climate – An application
of a large ensemble approach to extreme rainfall

Andreas Lang^{a,*}, Benjamin Poschlod^b

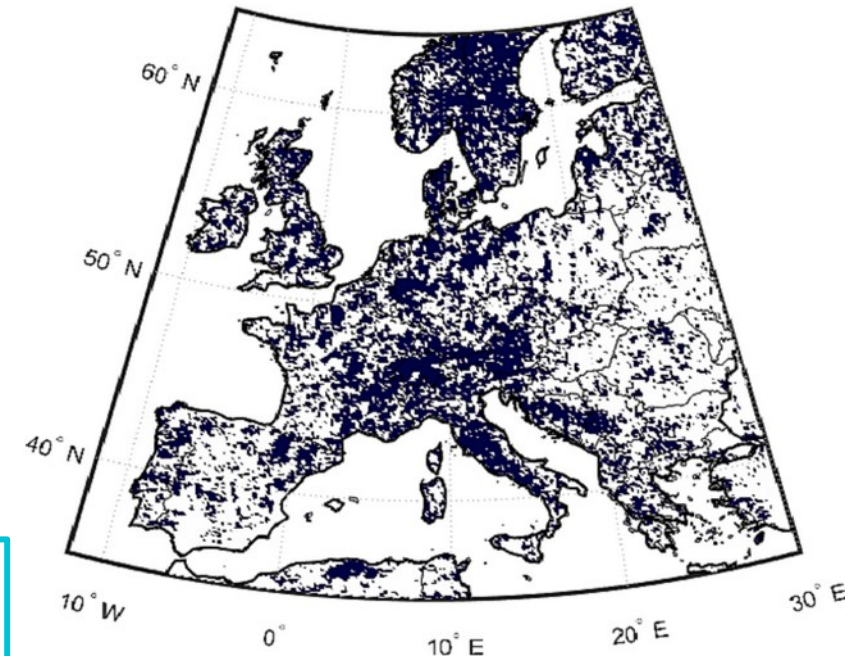
^a Munich Reinsurance Company, Königinstr. 107, 80802 Munich, Germany

^b Research Unit Sustainability and Climate Risk, Center for Earth System Research and Sustainability (CEN), Universität Hamburg, Grindelberg 5,
20144 Hamburg, Germany

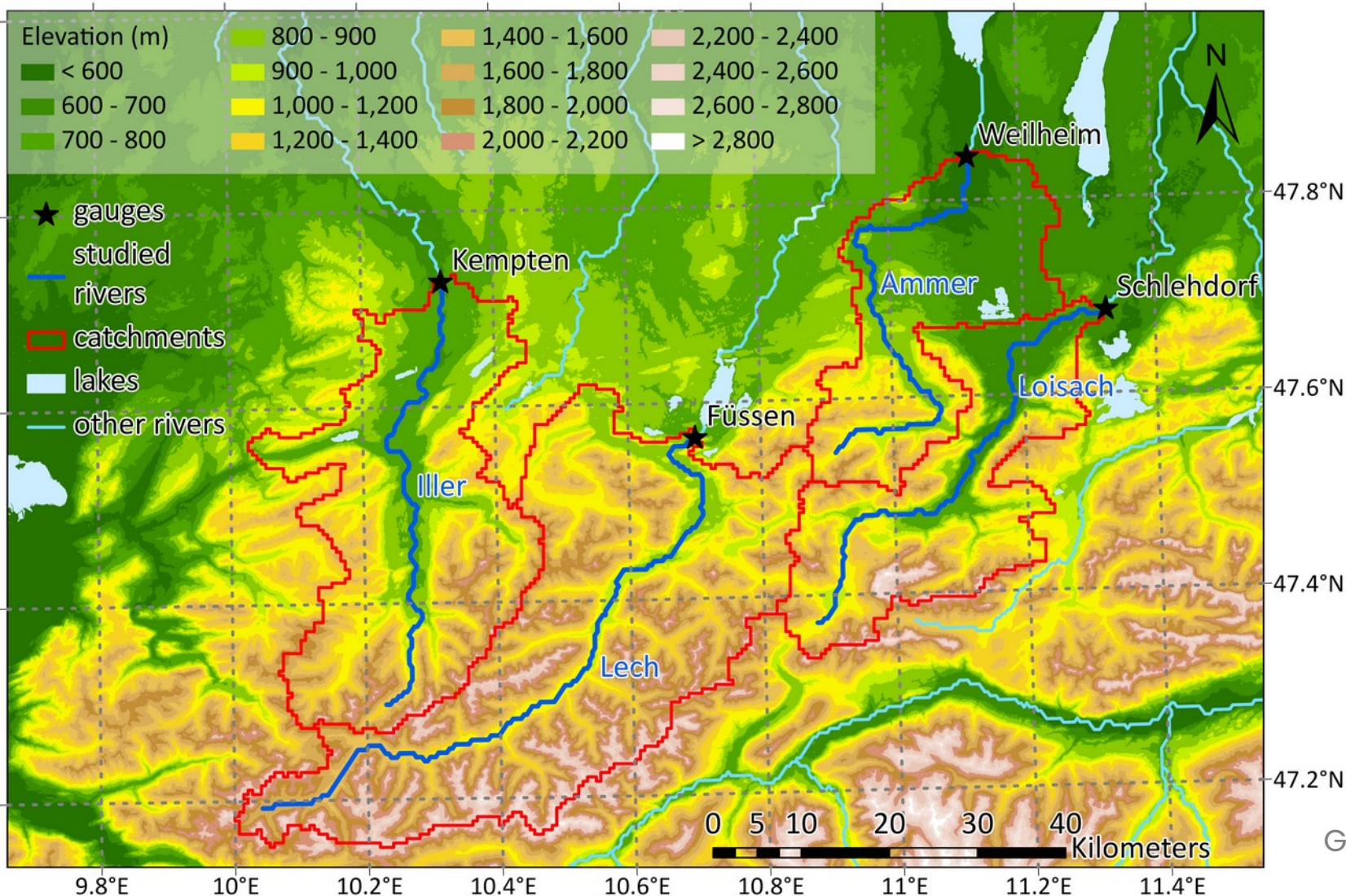


Im Vergleich zur jüngeren Vergangenheit stellen wir eine Verschiebung
der Auftrittswahrscheinlichkeit von dreistündigen Extremniederschlägen
bereits auf über **44 % der Landfläche Europas** fest.

→ Eine Anpassung an den Klimawandel ist bereits jetzt dringend
erforderlich!



Hochwasser in den Voralpen



Wie wird sich die **Intensität** von Hochwasserereignissen in einem wärmeren Klima verändern?

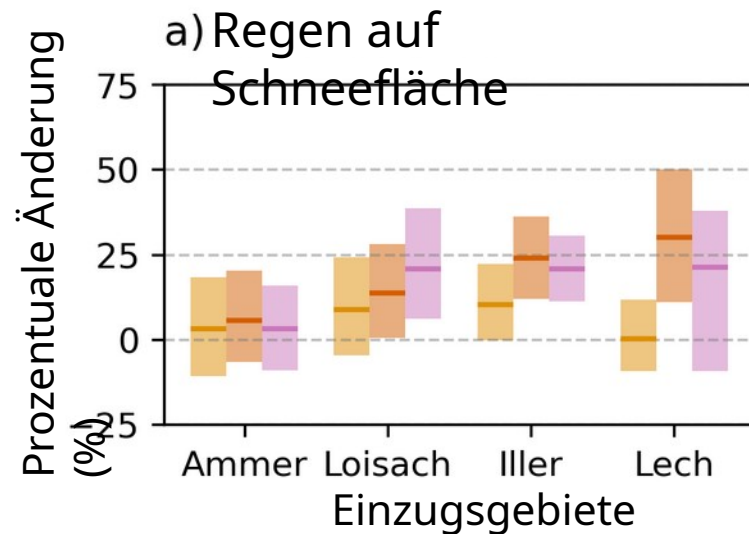
Wie werden sich die **Ursachen** von Hochwasserereignissen verändern?

→ **Typisierung** von Hochwasserereignissen mittels Clustering und Decision Trees

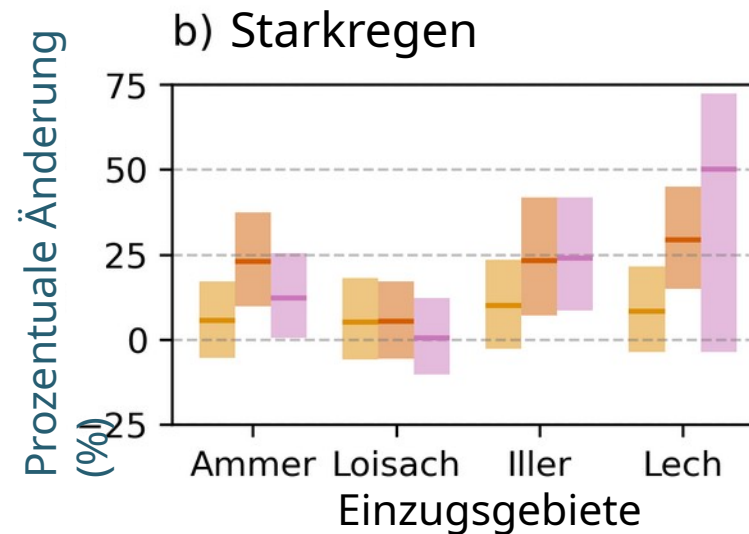
Goulart, Sweet, Poschlod et al., in prep.

Hochwasser in präalpinen Einzugsgebieten

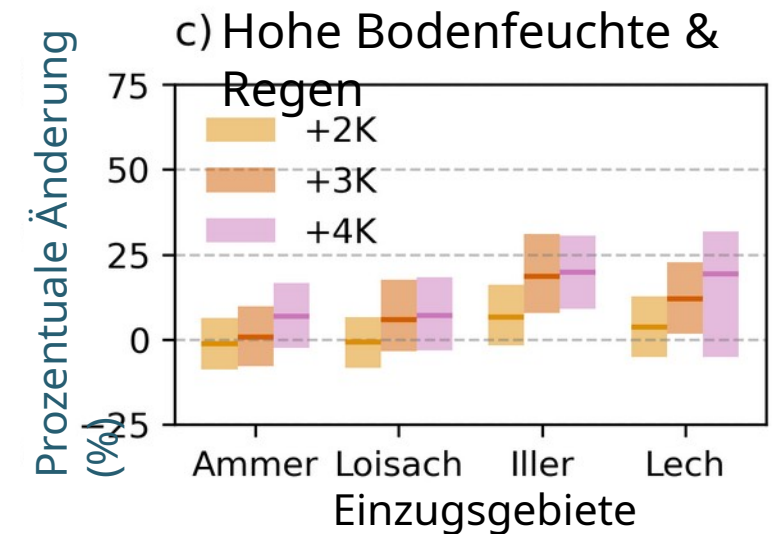
Änderung **100-jährlicher Hochwasser** in einem +2K, +3K, +4K Klima verglichen mit dem aktuellen Klima (+1.2K)



Die **Schneehöhe** nimmt ab, aber die Wahrscheinlichkeit von starkem Regen auf Schnee steigt.

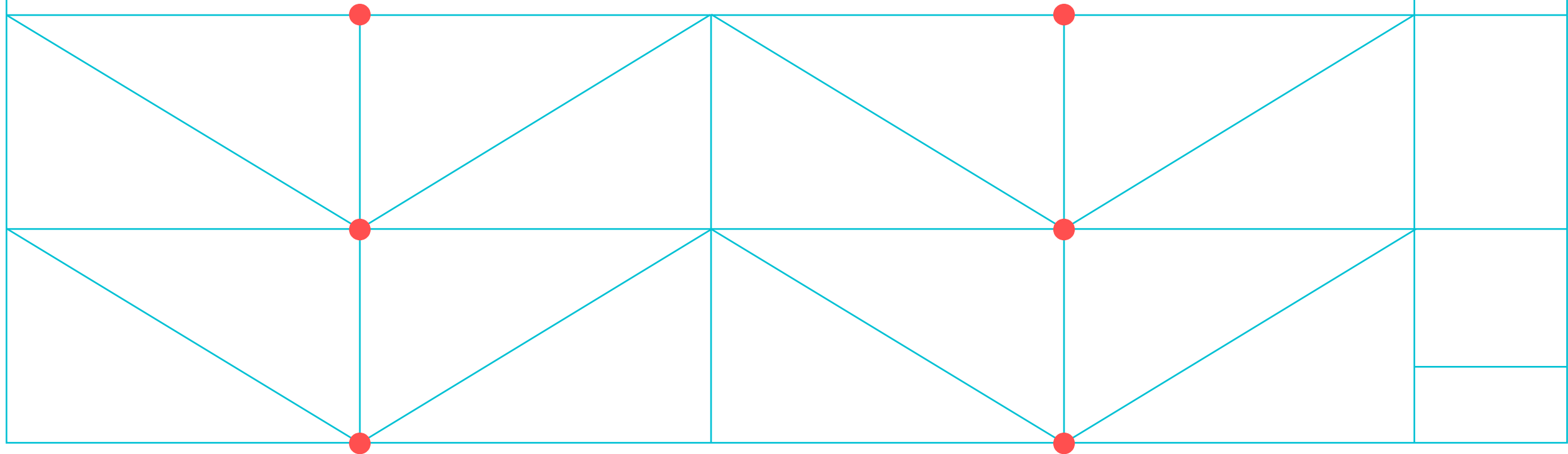


Intensität von **Starkregen** wird zunehmen, was entsprechende Hochwasser intensiviert.



Die **Saisonalität** langer Regenperioden, die zu Bodensättigung und Überschwemmungen führen, wird sich vom Sommer auf den Frühling ausweiten.

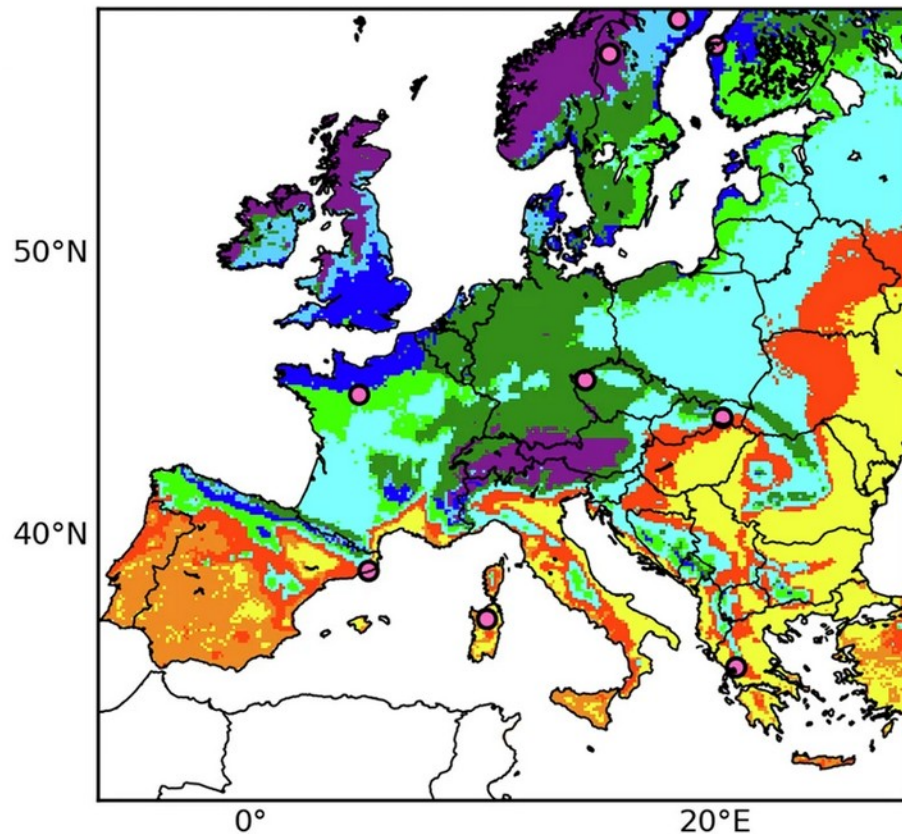
Änderungen meteorologischer und hydrologischer Dürren



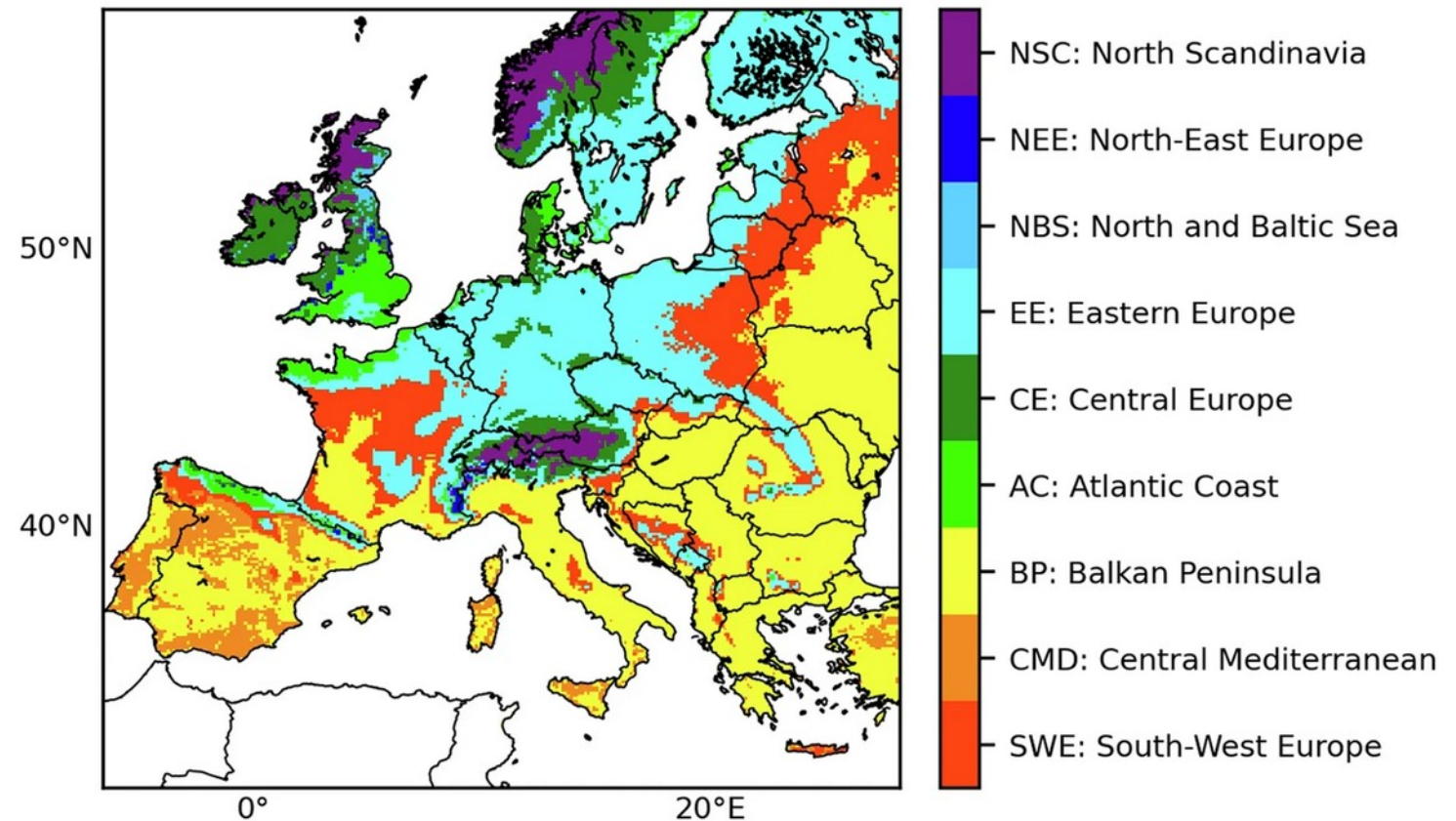
Heiß-trockene Sommer in Europa

Cluster ähnlicher heiß-trockener Sommerklimatologien

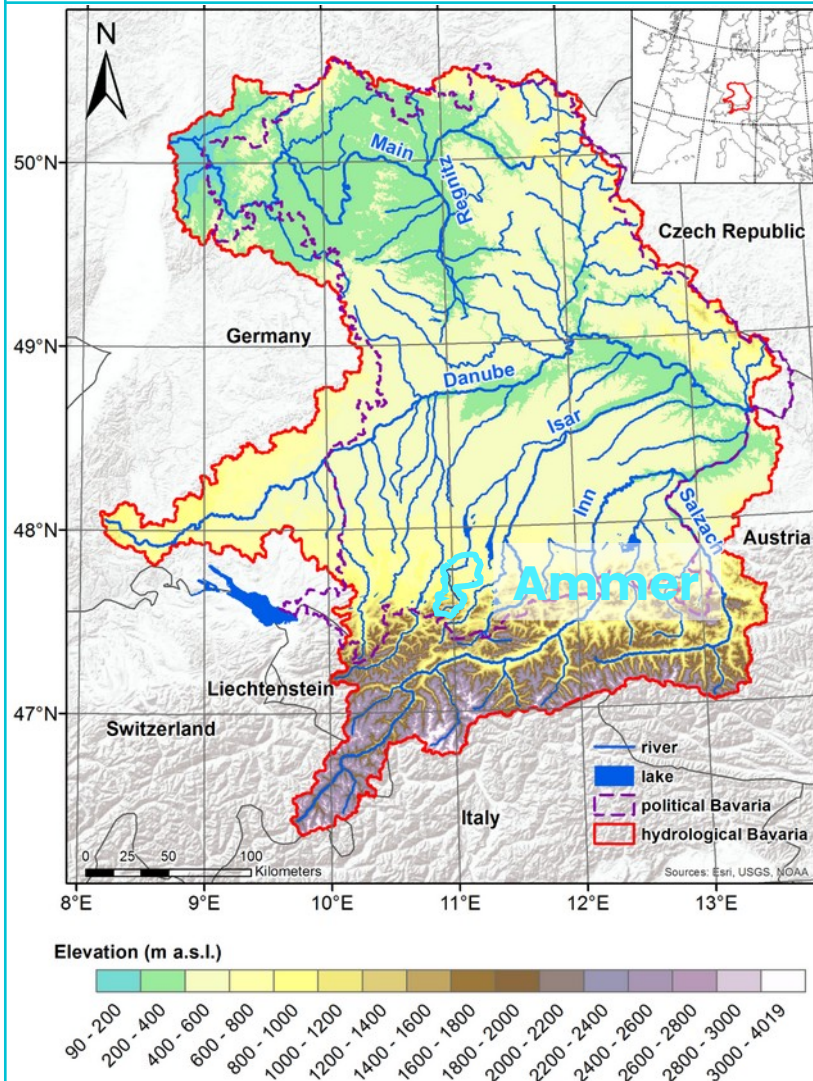
Aktuelles Klima (+1.2 K)



Zukünftiges Klima (+3 K)



Wie ändern sich Niedrigwasserbedingungen?



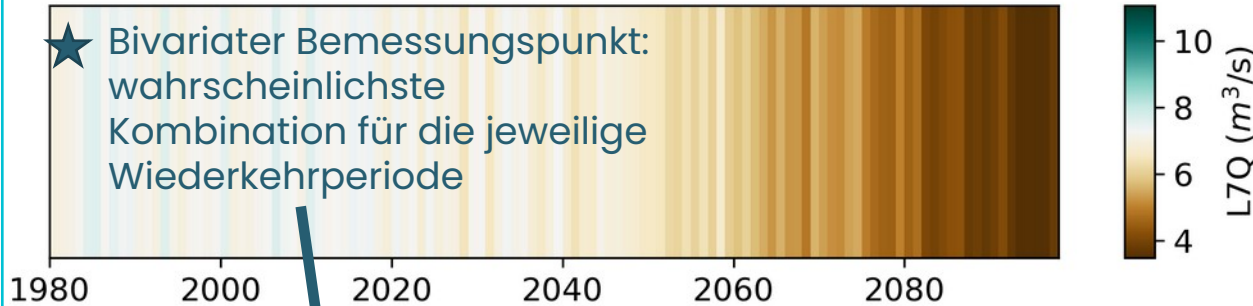
© F. Mittermeier

Niedrigwasser: Saisonalität, Intensität & Dauer

- **L7Q**: 7-tägig gemittelttes Jahresminimum des Abflusses

Poschlod et al., 2026, *Hydrology and Earth System Sciences* <https://doi.org/10.5194/hess-30-1165-2026>

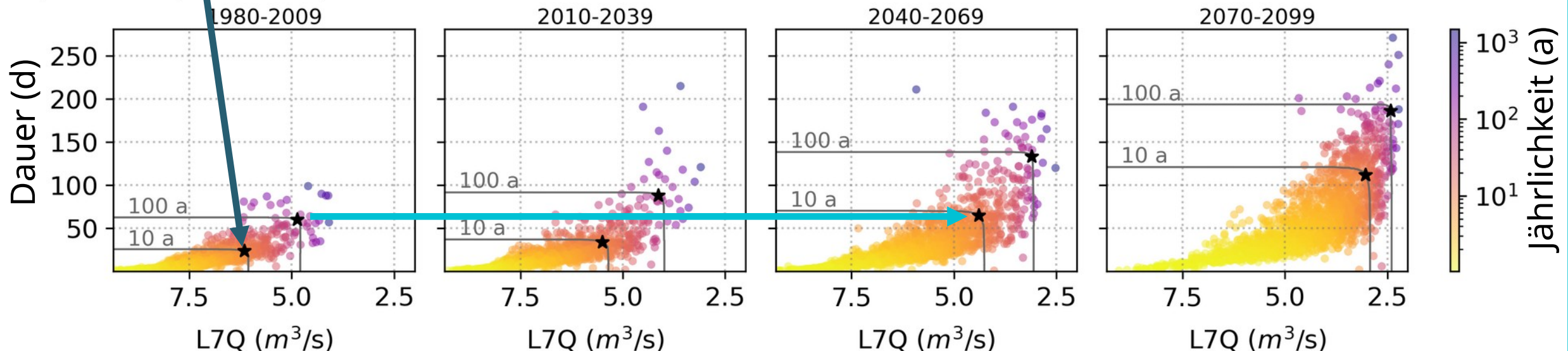
Trend



Saisonalität



Bivariate Wiederkehrperioden der sommerlichen Niedrigwasserdauer und Intensität



Zusammenfassung

Mit der **einzigartigen Kombination aus SMILE und hydrologischer Modellierung** können wir:

- das Propagieren von Klimavariabilität in die Hydrologie erforschen
- Flusssysteme prozess-orientiert unter Klimawandel simulieren
- Extremereignisse statistisch robust untersuchen (Hochwasser, Niedrigwasser)



Ergebnisse:

- Starke Verschiebungen in der Saisonalität der mittleren Abflüsse und Flussdürren
- Intensivierung von Starkregen & höhere Wahrscheinlichkeit von Regen auf Schneeflächen führen zu häufigeren und intensiveren Hochwasserereignissen
- Noch heißere und trockenere Sommer führen zu länger andauernden und intensiveren Niedrigwasserereignissen

