



Blockierende Wetterlagen*

Klimaänderung

Wetter-/Klimaextreme

Bodo Ahrens, Richard Lohmann
12. Sep. 2024

* Ergebnisse durch Förderung des Projekts Z1214/19, LfULG

Wetter-/Klimaextreme

Zukünftig häufigere und intensivere

Hochwasser,

Hitzewellen,

Dürre,

Windflauten?



Hitzewelle 2003



Hochwasser 2002

“Höhere Lufttemperaturen, sinkende Wasserpegel und ausgetrocknete Böden sind besonders sichtbare Folgen des Klimawandels. Andererseits lösen vereinzelte Starkregenfälle heftige Überschwemmungen aus.” sachsen.de (SMEKUL, abgerufen am 11.9.2024)

Hitzewellen (HW)

CCS Climate Bulletin Sep 2023: “In Europe, September 2023 was the warmest September on record by an even larger anomaly – 2.51°C above the 1991-2020 average and 1.1°C higher than 2020, the previous warmest September in the region.”

DWD, 29.09.2023

Sachsen: In Sachsen lag das Temperaturmittel im September bei außergewöhnlich warmen 17,1 °C (13,4 °C). Herbstlich frische Ausreißer aber gab es auch. Deutschneudorf-Brüderwiese meldete am 25. mit 0,9 °C den bundesweiten Tiefstwert, der sich nur mit Oberstdorf im Allgäu messen konnte. In den letzten 30 Tagen fielen 27 l/m² (55 l/m²). Die Sonne strahlte daneben unglaubliche 250 Stunden (148 Stunden). An der Spitze befindet sich nur noch der September 1959 mit 267 Stunden.

Ursache: Absinkende dabei erwärmende Luftmasse,
solare Strahlung, geringe Verdunstungskühlung,
Advektion warmer Luftmassen über mehrere Tage

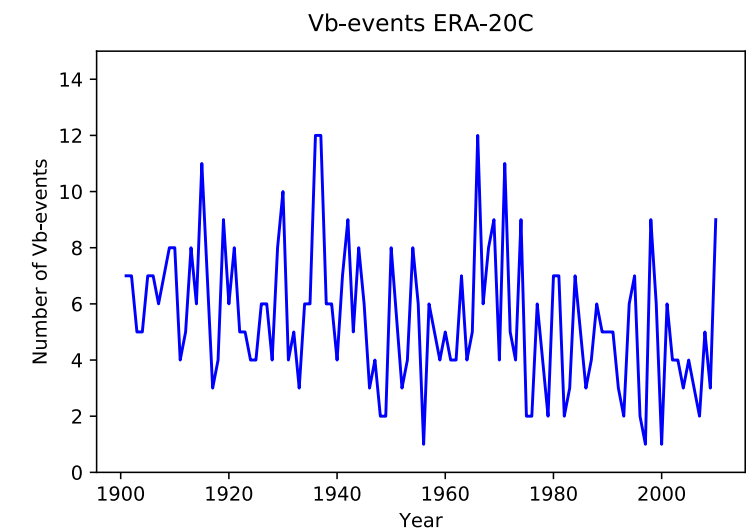
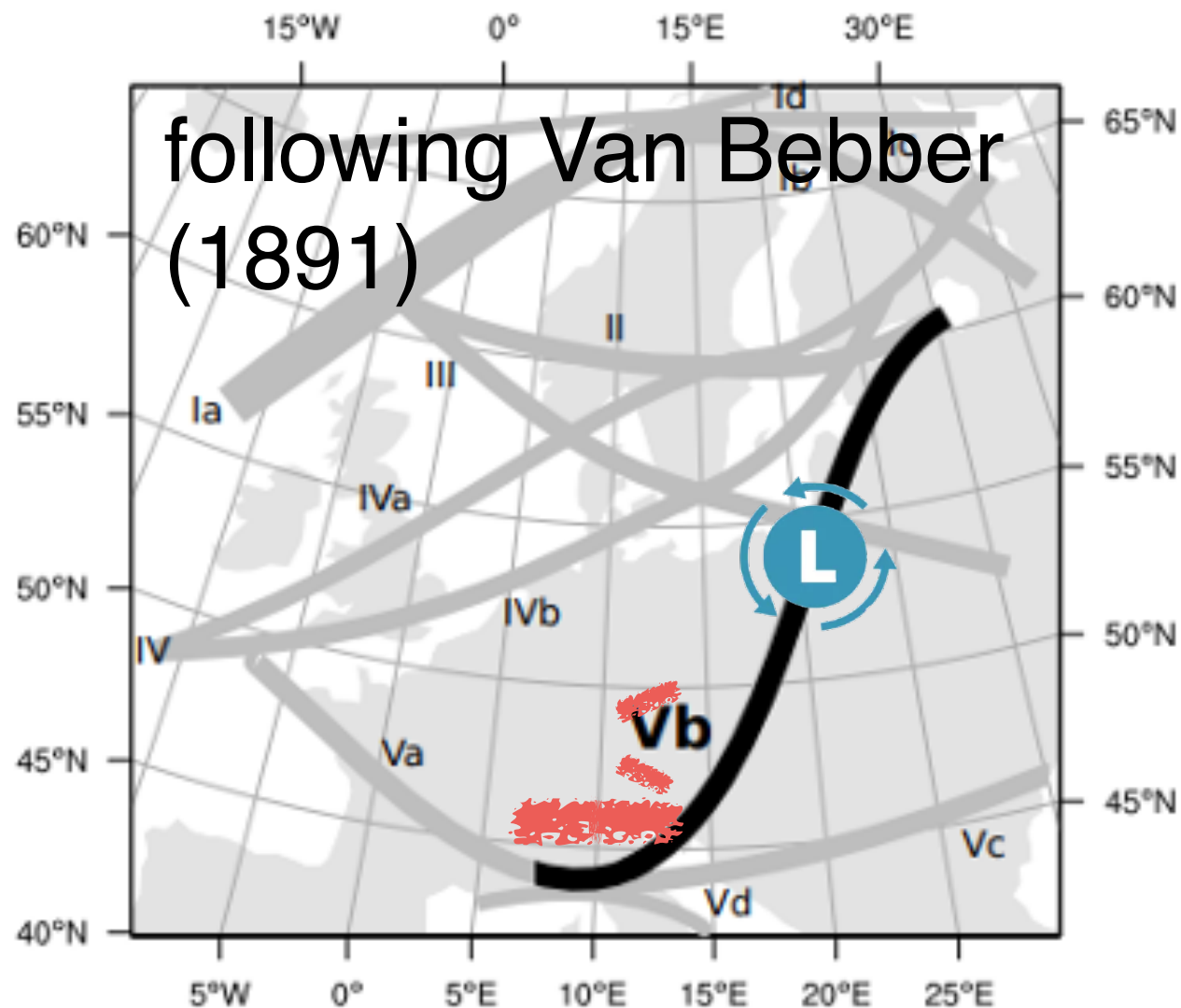
Erfassung hier: Überschreitung des 90. Perzentils
(Referenzperiode 1981-2010) der täglichen Tmax für
mind. 3 Tage in Folge

Vb-Tiefdruckzugbahnen/ Hochwasserereignisse (HE)

Dresden 2002



Passau 1954 ©W.w.amt P.



HE: Langsam ziehendes System,
Hebungsniederschlag, eingelagerte Konvektion

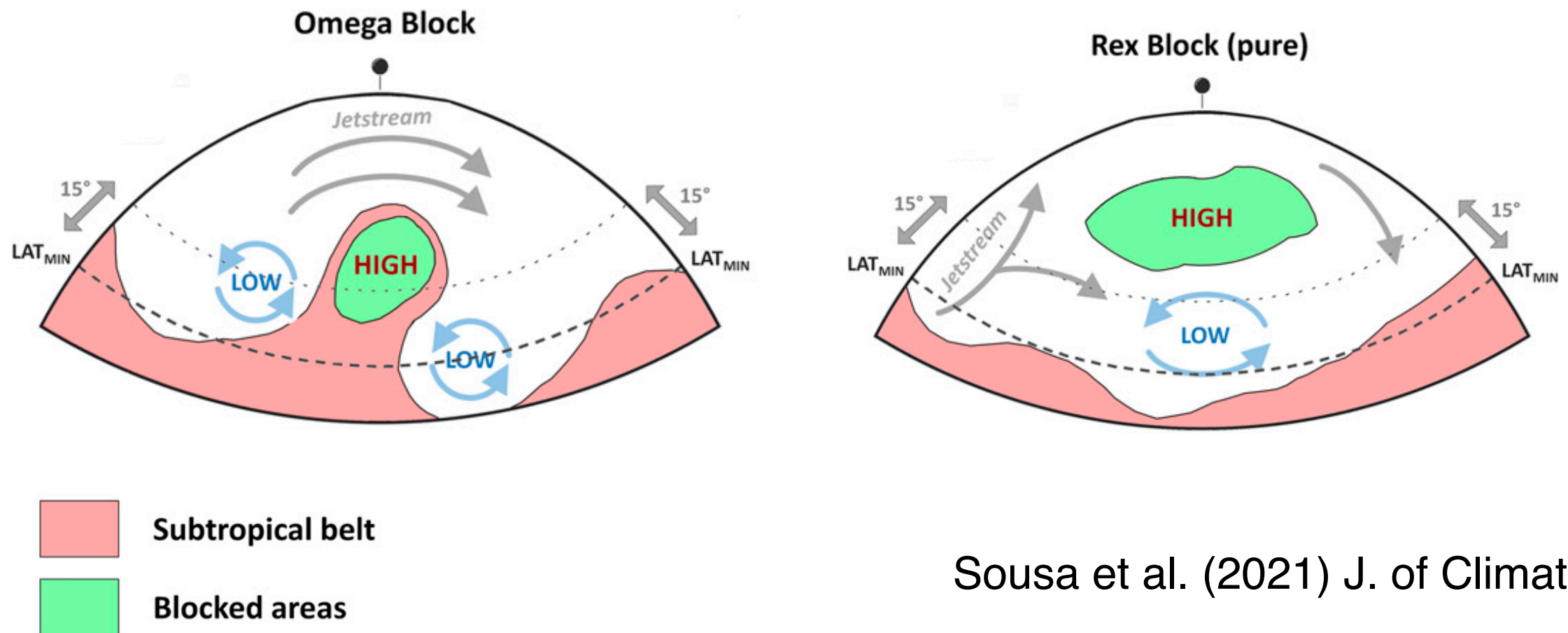
Blockierende Wetterlagen

Kautz et al. (2022) *Atmospheric blocking and weather extremes over the Euro-Atlantic sector – a review*, WCD:

“Blocking systems can be described as **long-lasting, quasi-stationary and self-sustaining tropospheric flow patterns** that are associated **with a large meridional flow component** and, thus, an interruption and/or deceleration of the zonal westerly flow in the midlatitudes.”

Blockierende Wetterlagen

Konzeptuelle Druckmuster blockierender Wetterlagen

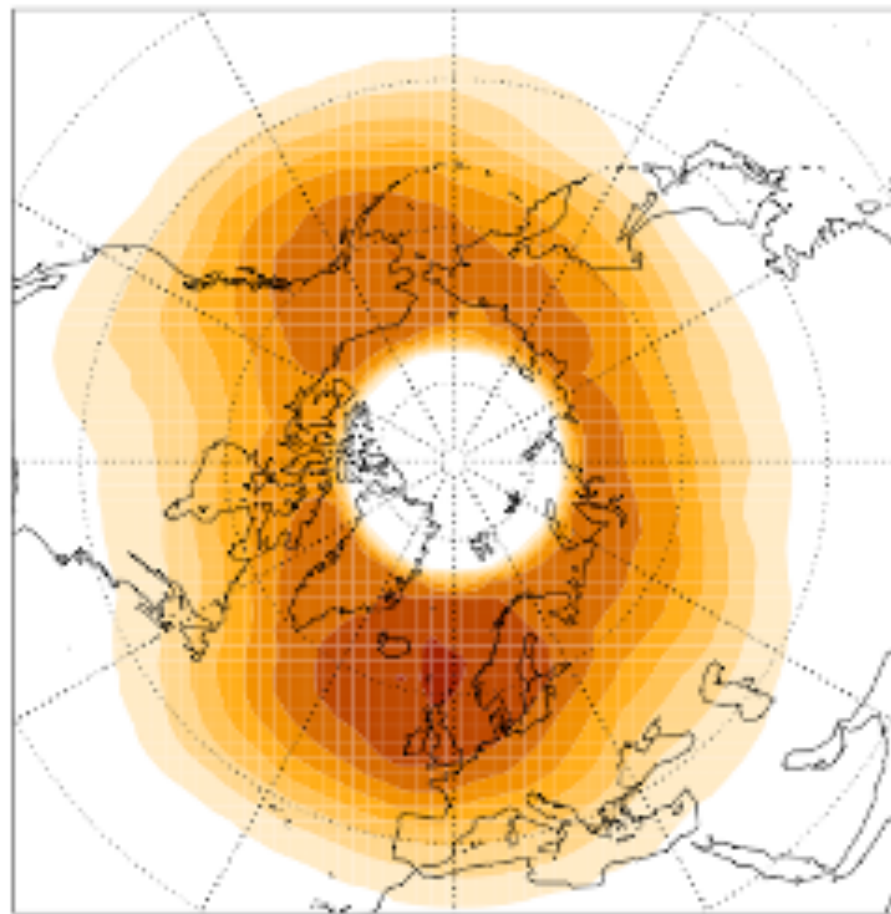


Sousa et al. (2021) J. of Climate

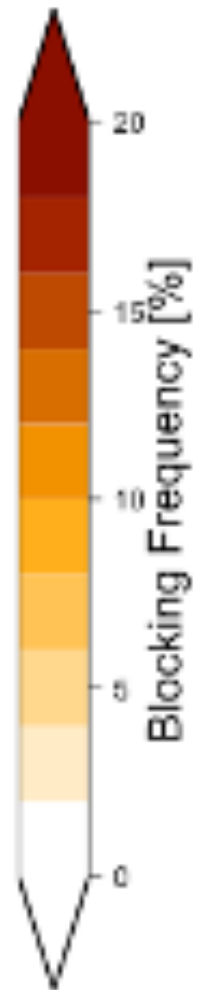
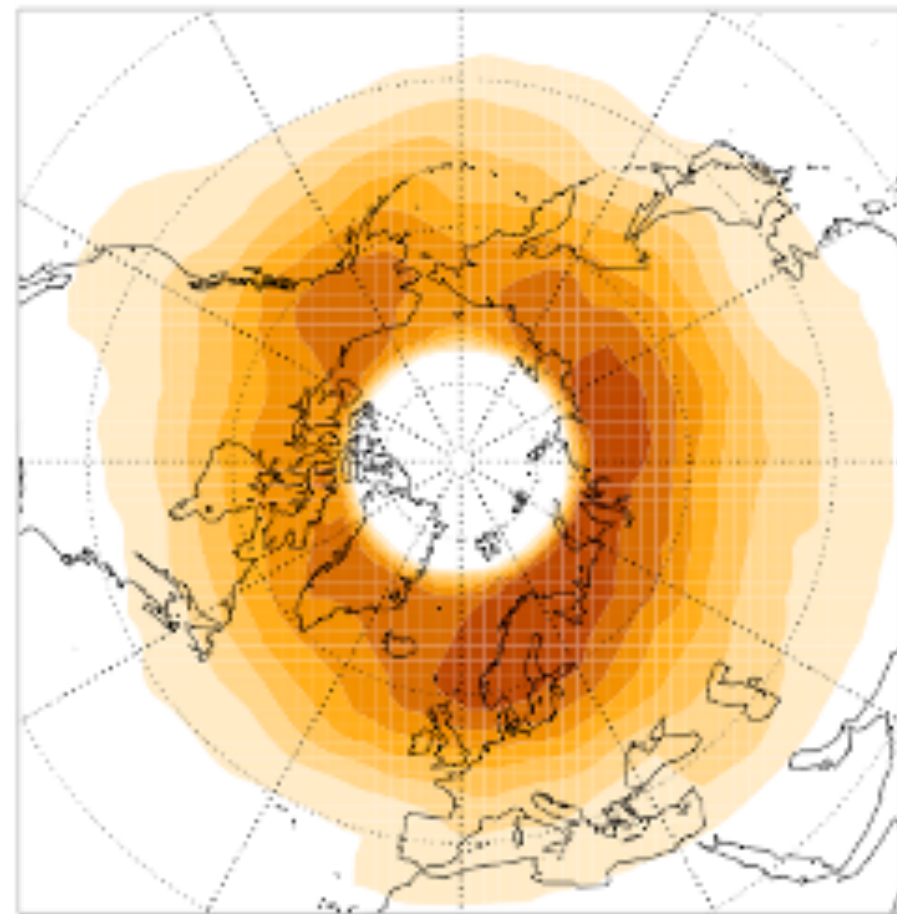
-> stagnierende Hochdrucklage

Blockierende Wetterlagen - Klimatologie

(b) ERA5 DJF (HGHA-DAV12, 1961-2010)



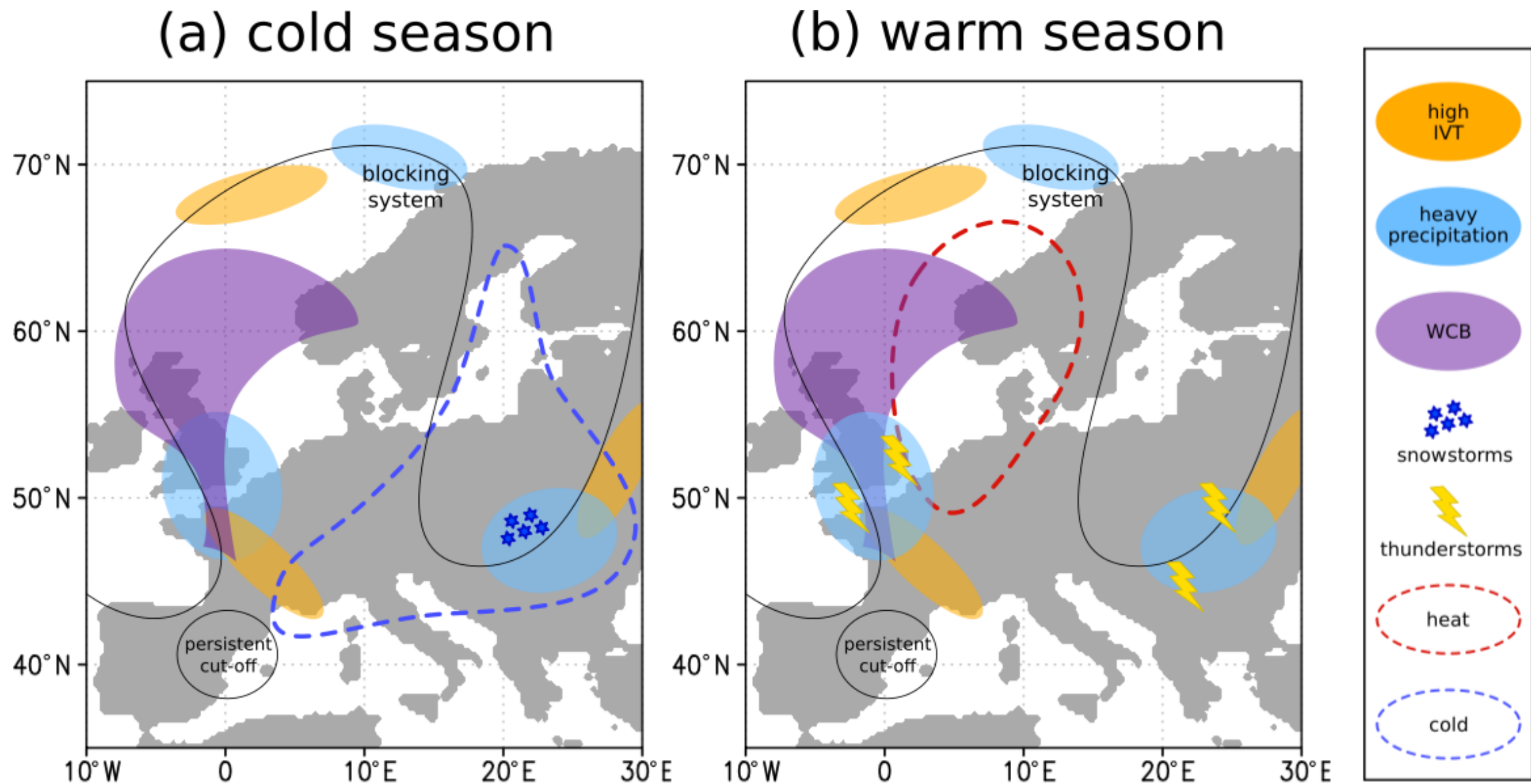
(c) ERA5 JJA (HGHA-DAV12, 1961-2010)



bei 10% - ca. 9 Tage/Jahreszeit

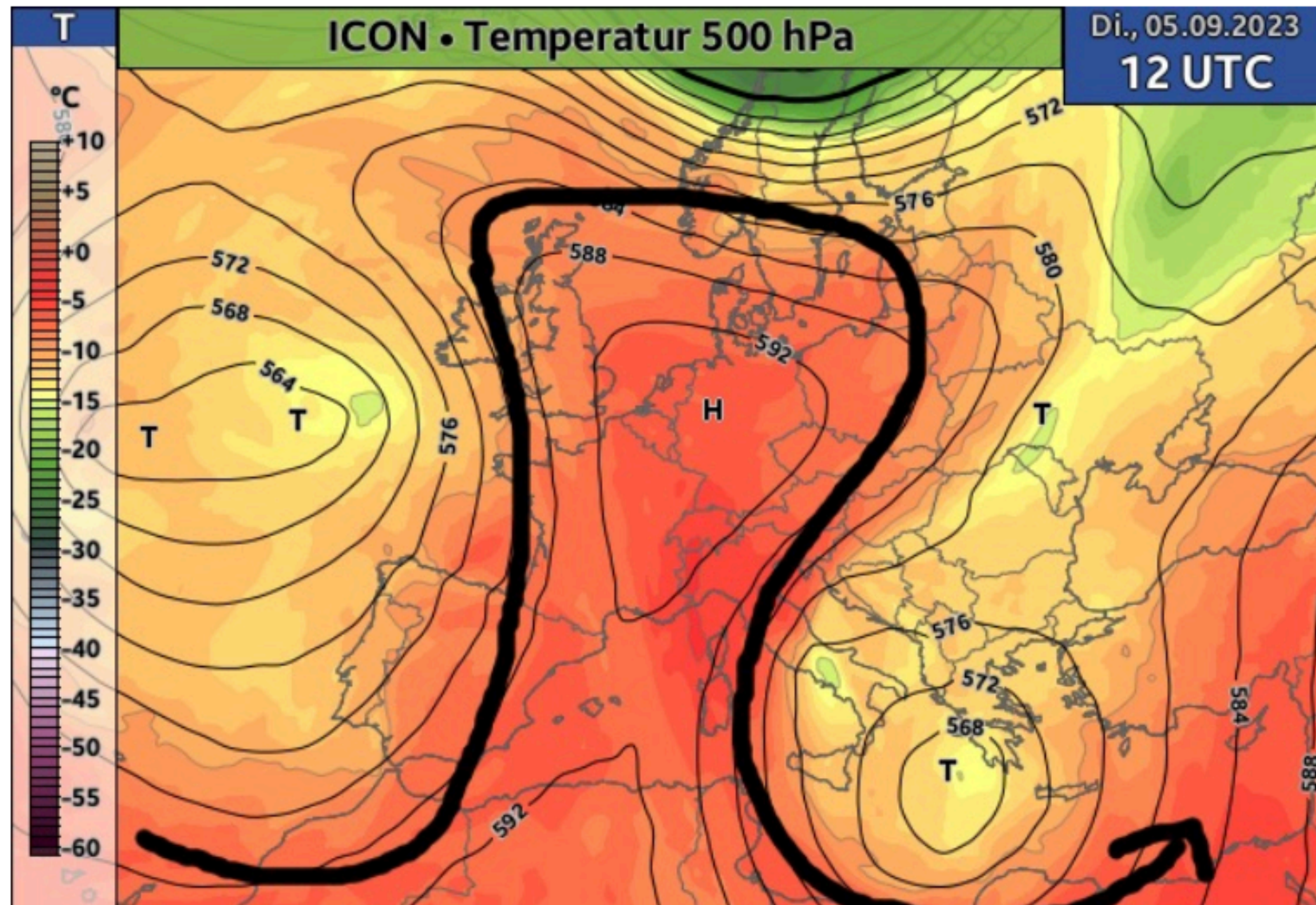
Blockierende Wetterlagen (blocking)

Blocking + Extreme — Illustration



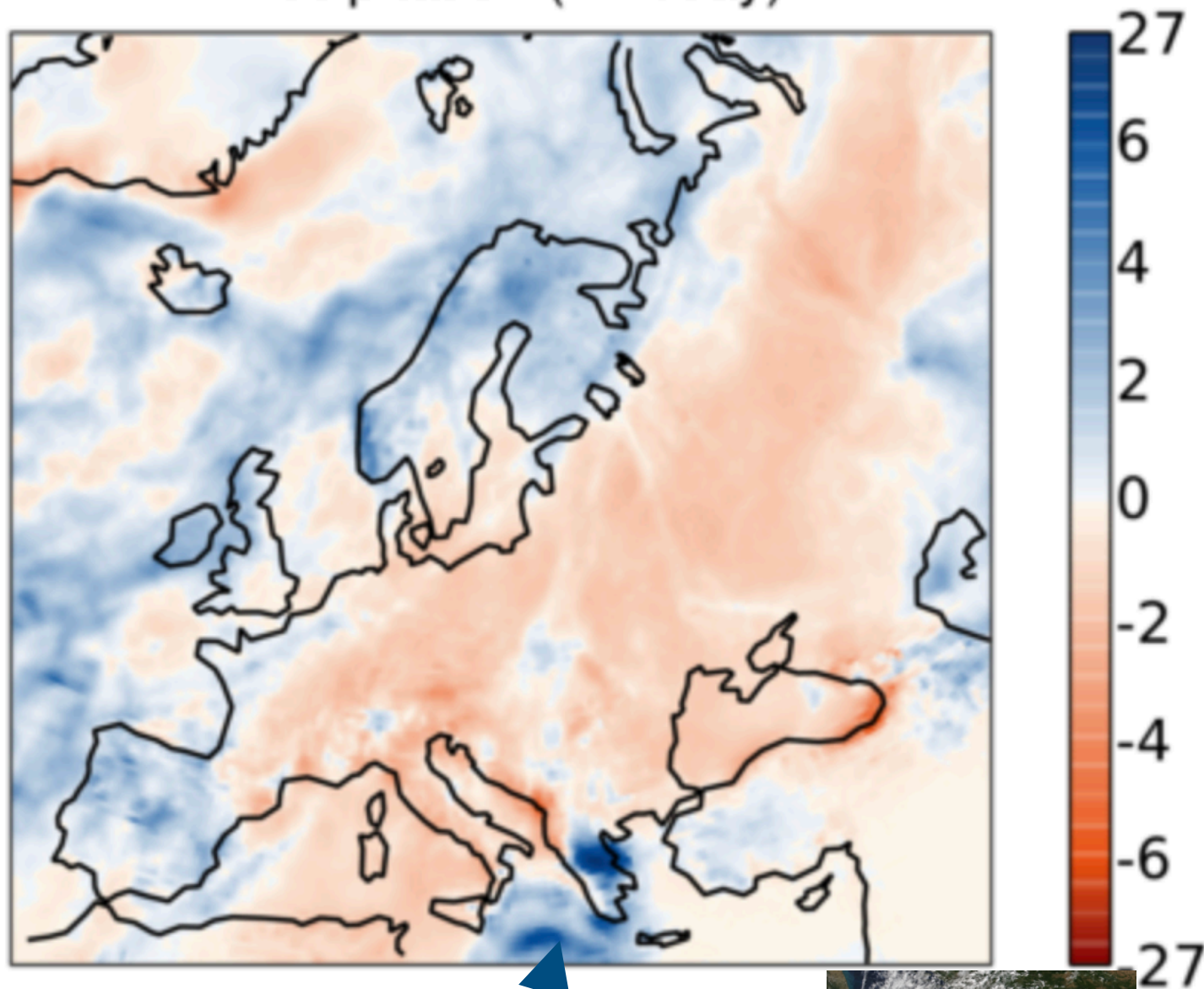
Kautz et al. (2022)

Beispiel 1: September 2023

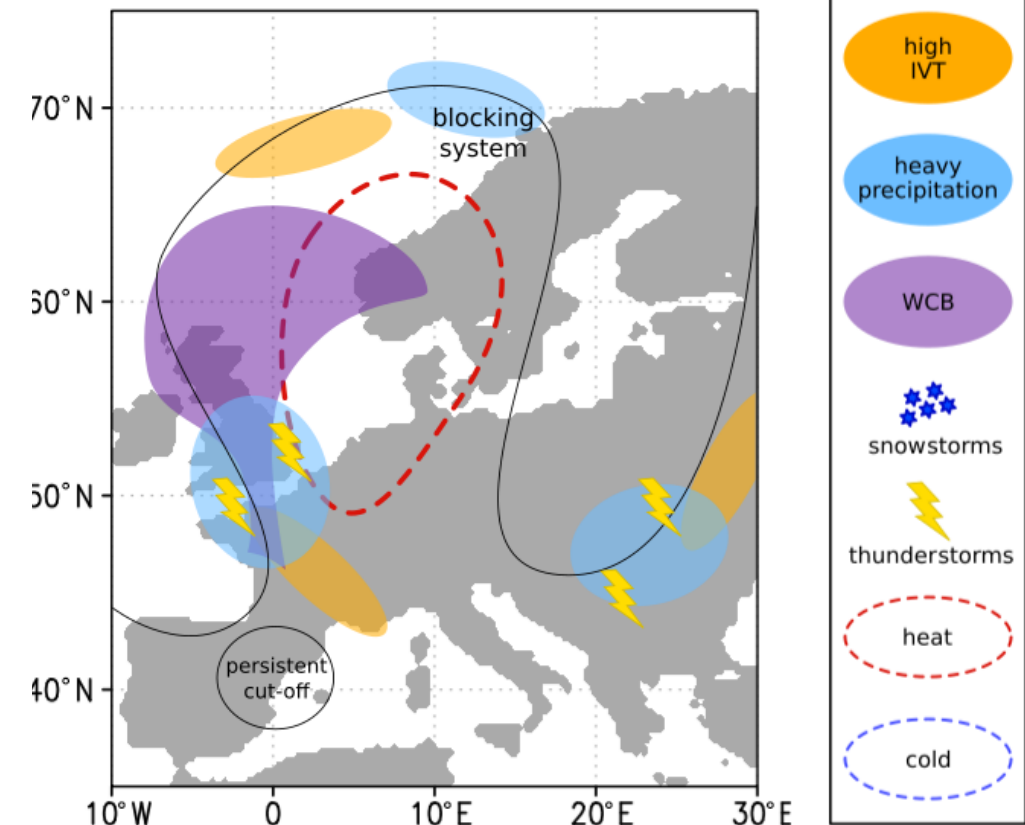


Beispiel 1: September 2023

Anomalie
Precipitation (mm/day)



(b) warm season

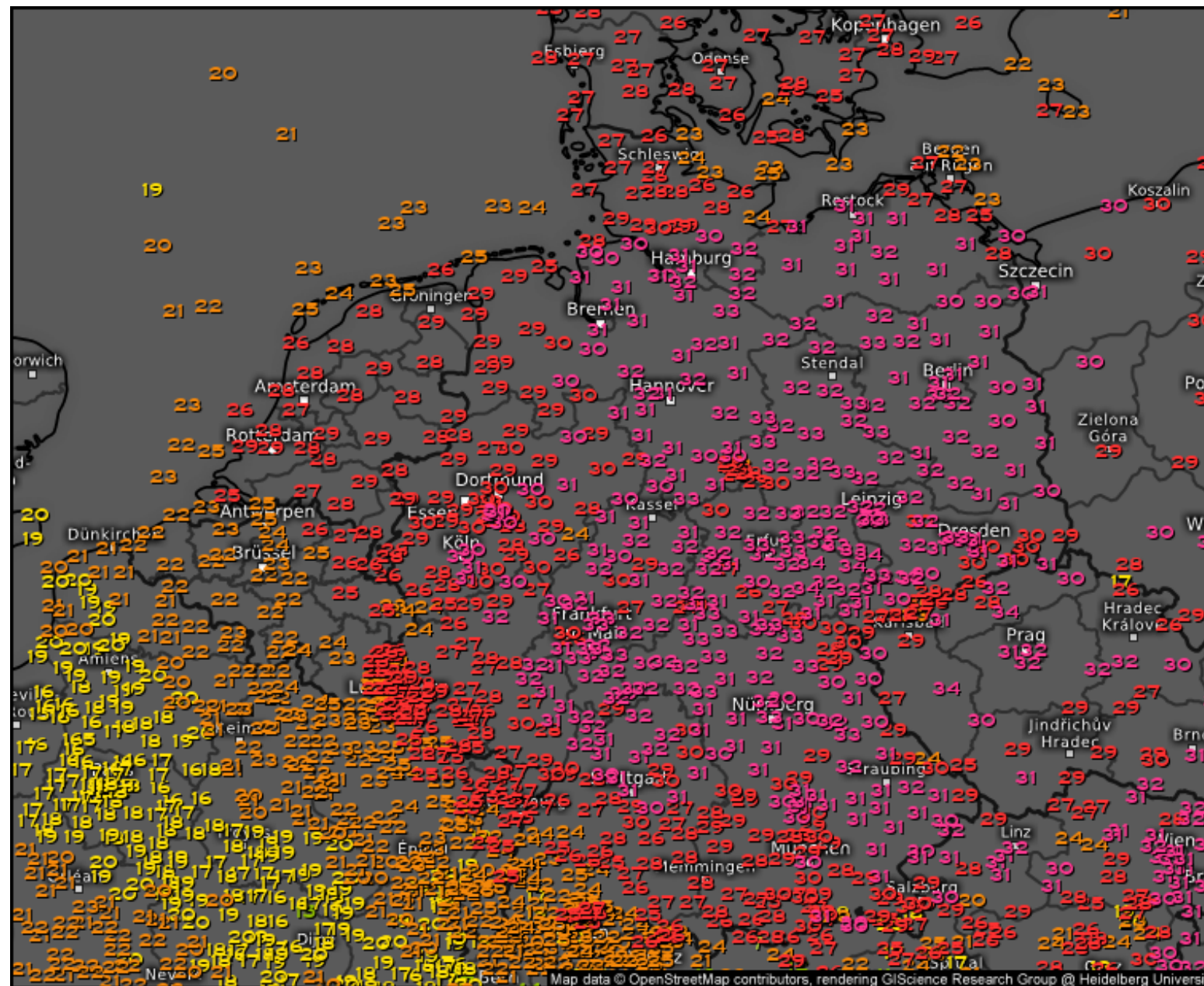


Storm Daniel



Beispiel 2: September 2024

Begann mit Hitzewelle mit Tropennächten ($T_{\text{Min}} \geq 20^\circ\text{C}$)



Max. Temperatur 2m, 12std (°C)

Do. 05.09.2024, 20:00 Uhr MESZ

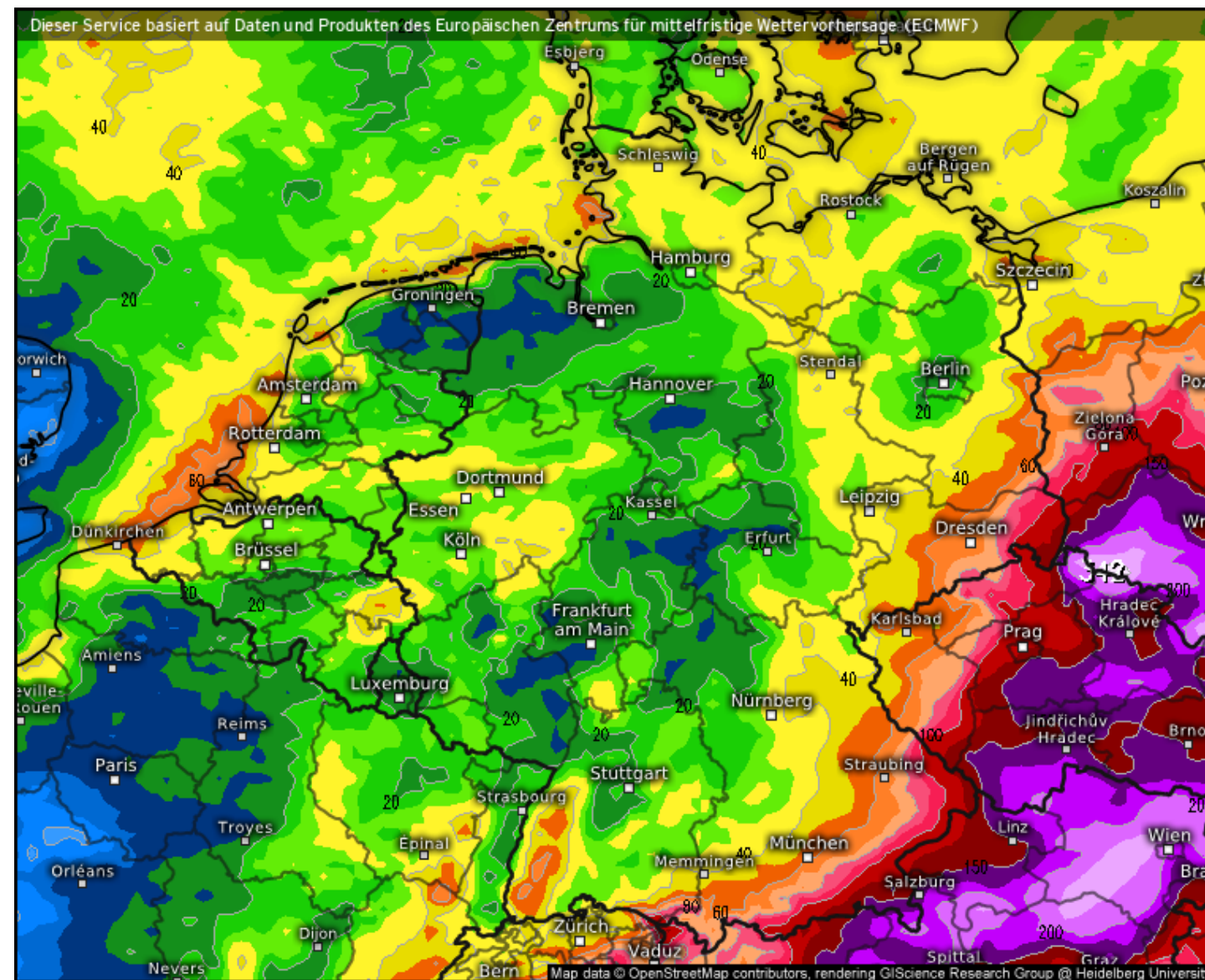


-20 -15 -10 -5 -1 0 1 5 10 15 20 25 30 35 40

Beispiel 2: September 2024

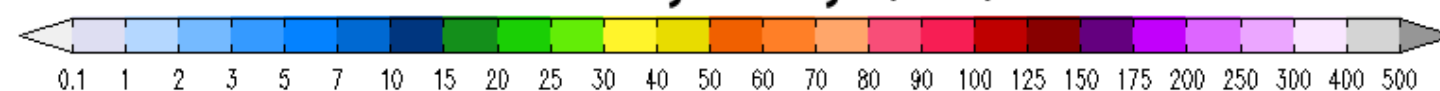
8/9.9 Temperatursturz, ab 12.9. weiterer

Temperaturrückgang und ergiebige Niederschläge
durch Vb-Lage



Akkumulierte Niederschlagsmenge (mm)

Von Mo. 09.09.2024, 02:00 Uhr MESZ
bis Mo. 16.09.2024, 02:00 Uhr MESZ



Deutschland

ECMWF/Global Euro HD vom 09.09.2024/00Z



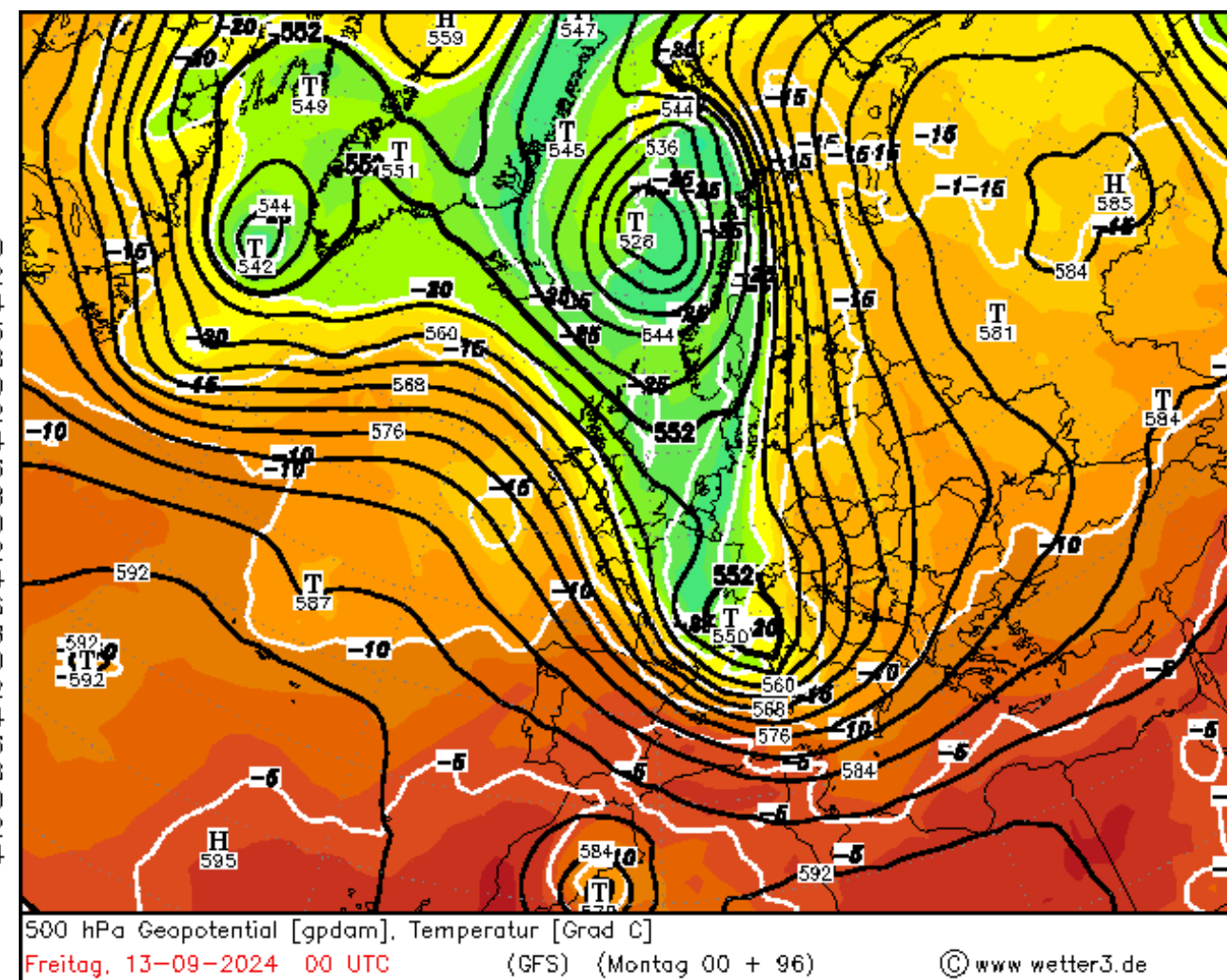
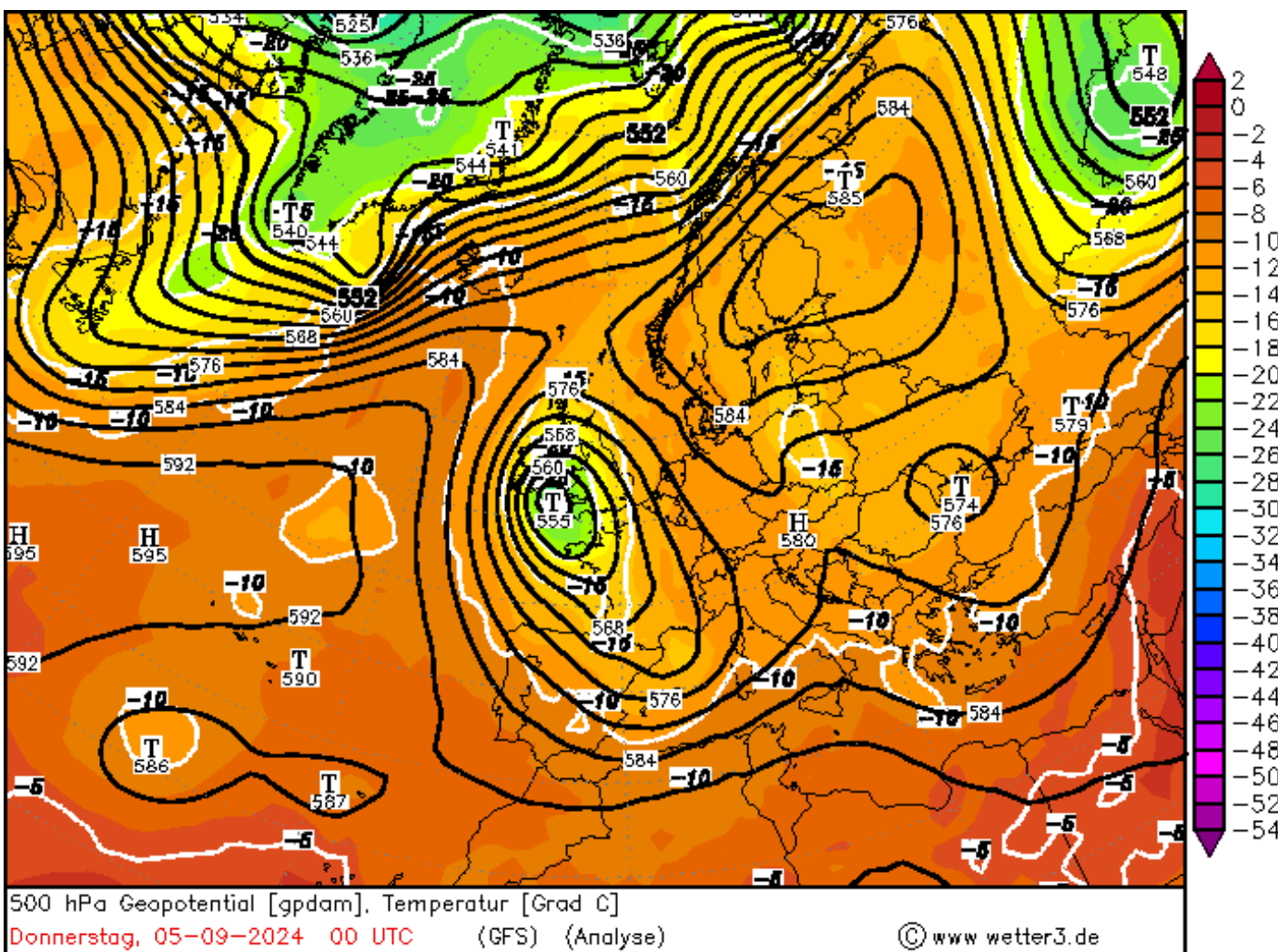
kachelmannwetter.com
WETTER HD

Beispiel 2: September 2024

blocking: HW

Ostverlagerung mit Wetterwechsel

Abschnürendes Tief zieht meridional durch blocking im
Osten => Vb-Lage

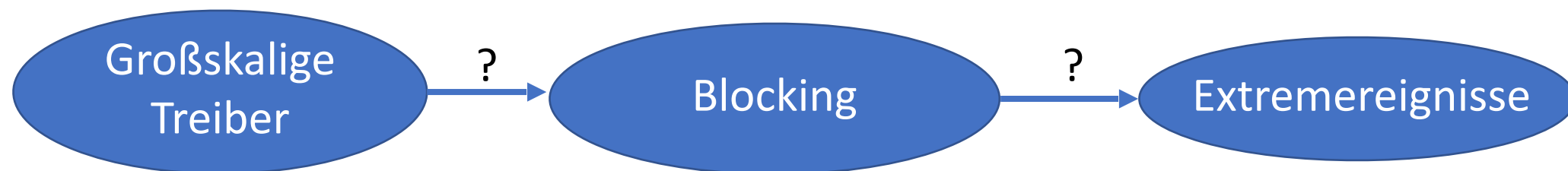


Forschungsfragen

Wie verändert sich blocking im sich ändernden Klima?

Können wir Veränderungen in Häufigkeiten regional (über Skandinavien, Atlantik, Osteuropa etc.) mit Klimamodellen in die Zukunft projizieren?

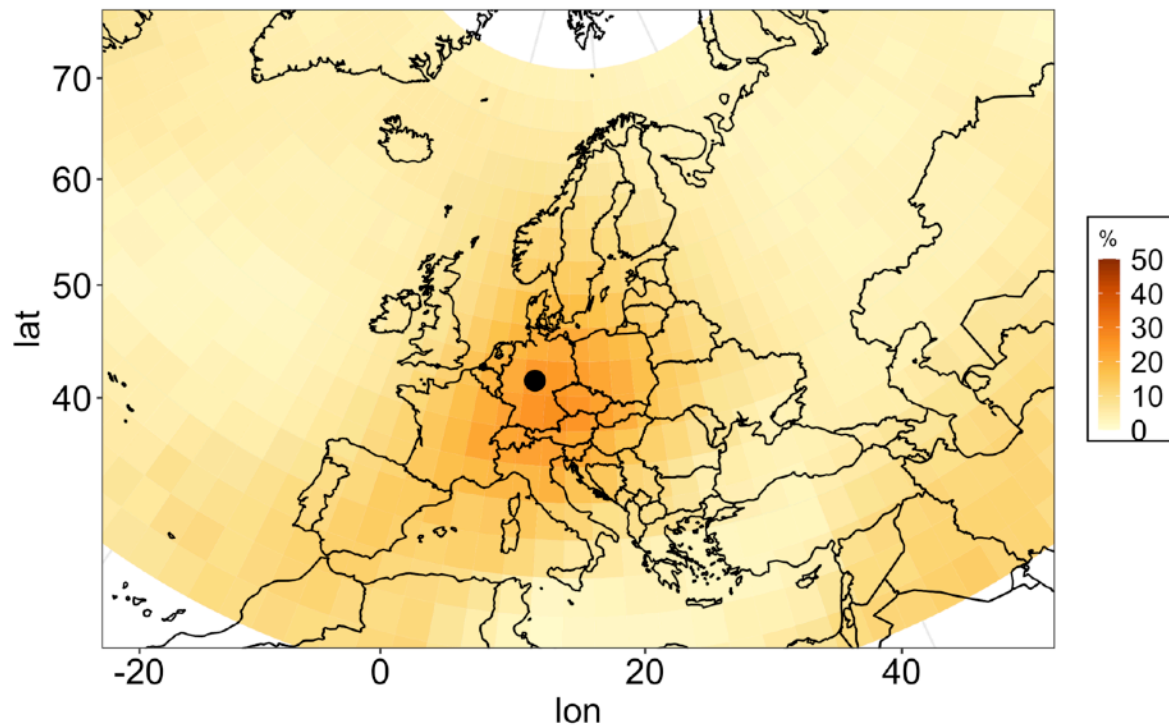
Können wir damit auch statistische Veränderungen von Wetter-/Klimaextremen in die Zukunft projizieren?



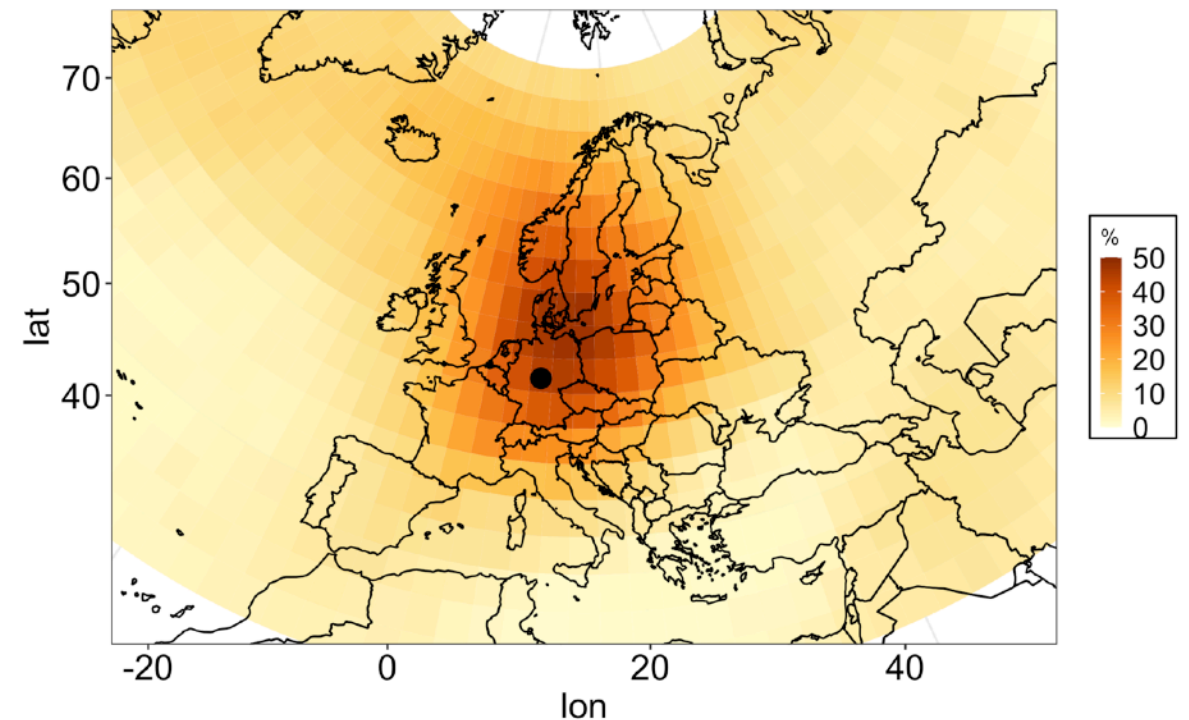
Historisches blocking und Extreme

Blocking und Hitzewellen

Frequency of Heatwaves in Case of Blocking
(ERA5, 1961-2010, Apr-Sep)



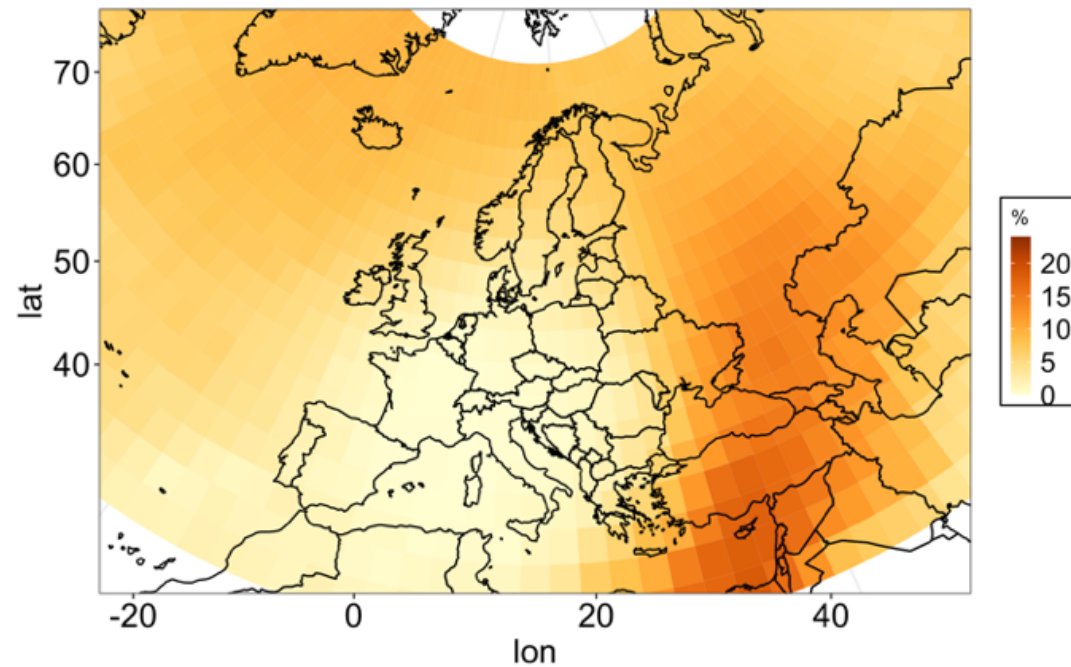
Frequency of Blocking during Heatwaves
(ERA5, 1961-2010, Apr-Sep)



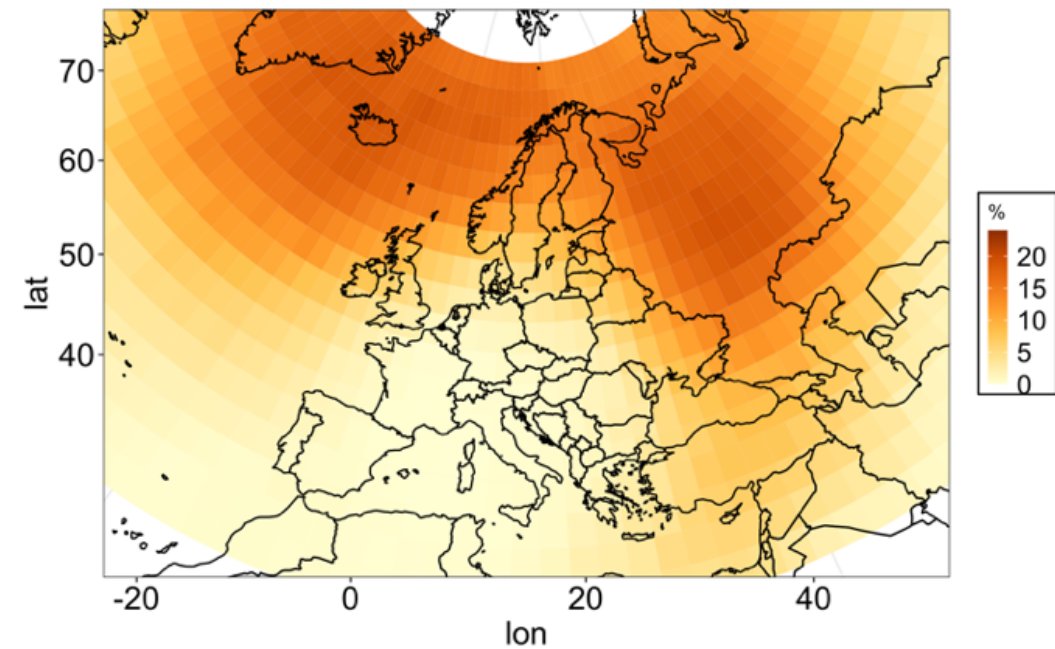
- HW bei blocking Mitteleuropa ca. 8-9 mal häufiger
- starke HW 30-60 mal häufiger

Blocking und Vb-Lagen

Frequency of Vb in Case of Blocking
(ERA5, 1961-2010)



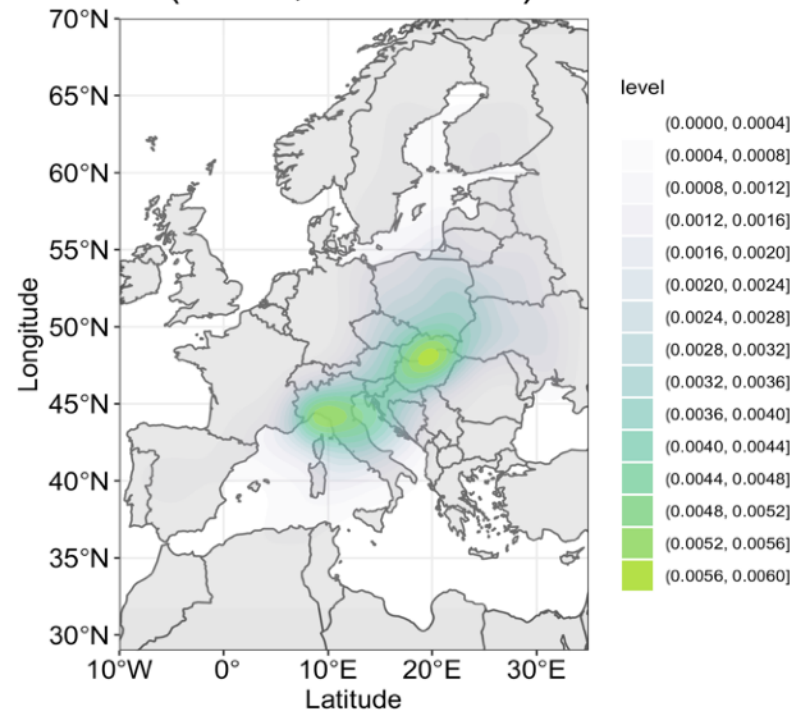
Frequency of Blocking during Vb
(ERA5, 1961-2010)



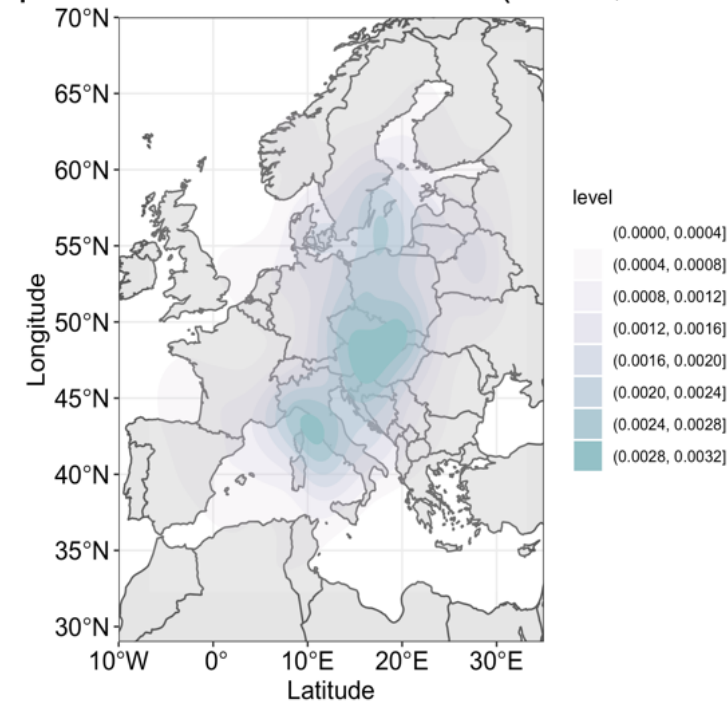
- Vb-Lage bei blocking Osteuropa 2,5-3 mal häufiger
- Vb-Lage bei blocking N-Atl./Skan. 1,5-2 mal häufiger

Blocking und Vb-Lagen

Vb Density Function without Blocking
(ERA5, 1961-2010)



Vb Density Function in Combination with Eastern Europe and Scandinavian Block (ERA5, 1961-2010)

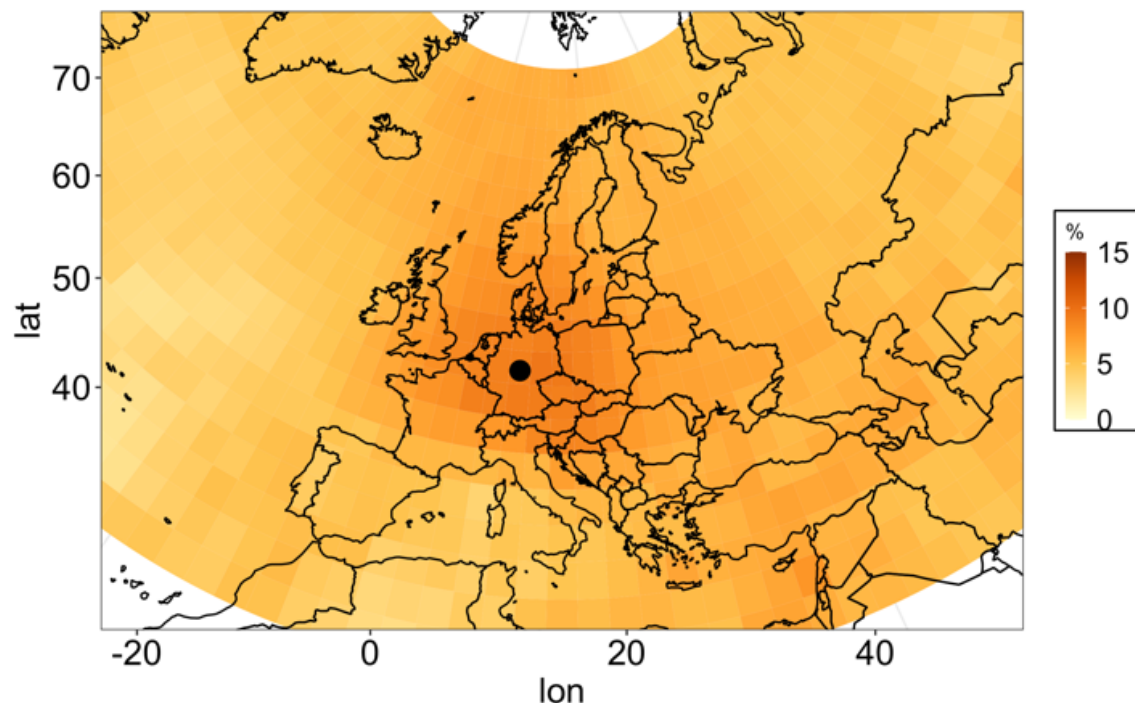


- blocking beeinflusst auch mittlere Zugbahn
- räumliche Verteilung mit blocking diffuser

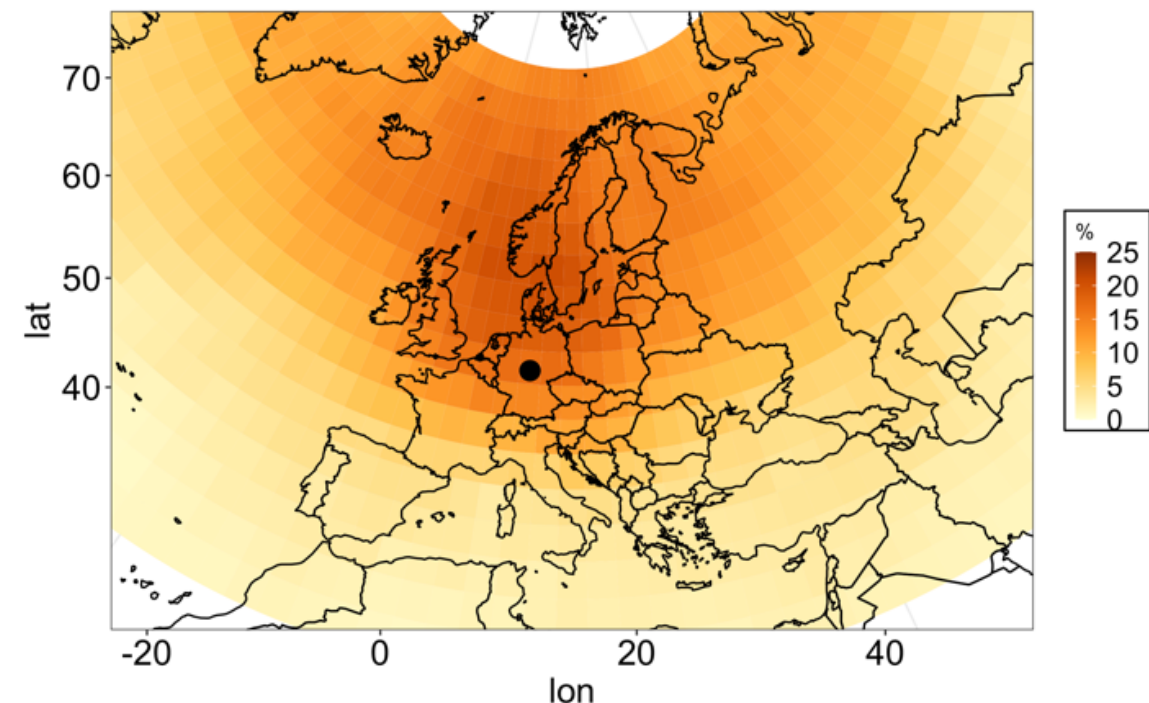
Blocking und Flaute

Flaute: Unterschreiten des 5. Perzentils der Windgeschwindigkeit

Frequency of Calm in Case of Blocking
(ERA5, 1961-2010)



Frequency of Blocking during Calm
(ERA5, 1961-2010)



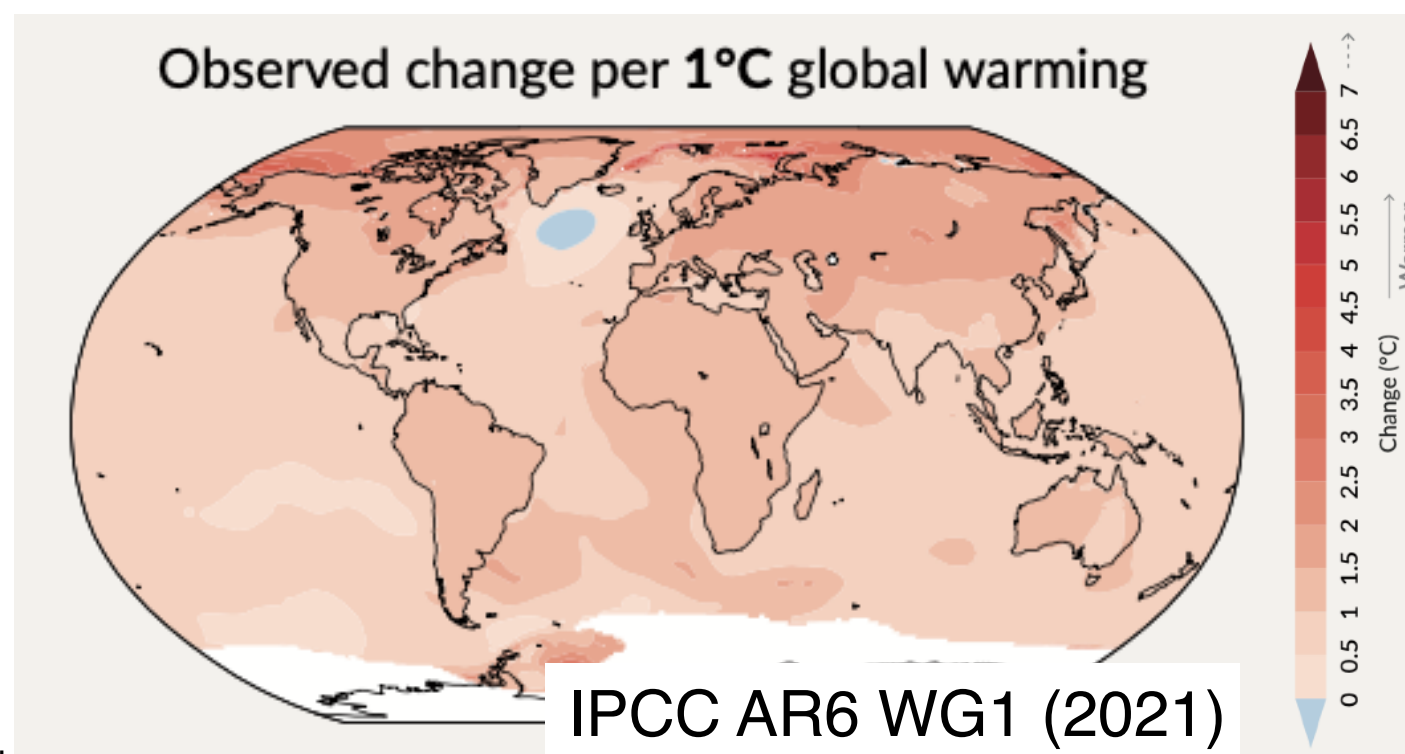
- Flaute bei blocking Mitteleuropa 1,5-2 mal häufiger
- Oktober-Februar*: Flaute 2,5-3 mal häufiger

*kritische Zeit des Jahres bzgl. Dunkelflauten

Großskalige Treiber und blocking?

5 vielversprechende Treiber identifiziert:

- 2 Indikatoren basierend auf der Eurasischen Schneebedeckung
- Meereisbedeckung Barents-Karasee
- Meeresoberflächentemperatur (SST) im Nordatlantik in 2 Regionen (AMV, atlantisches Erwärmungsloch)

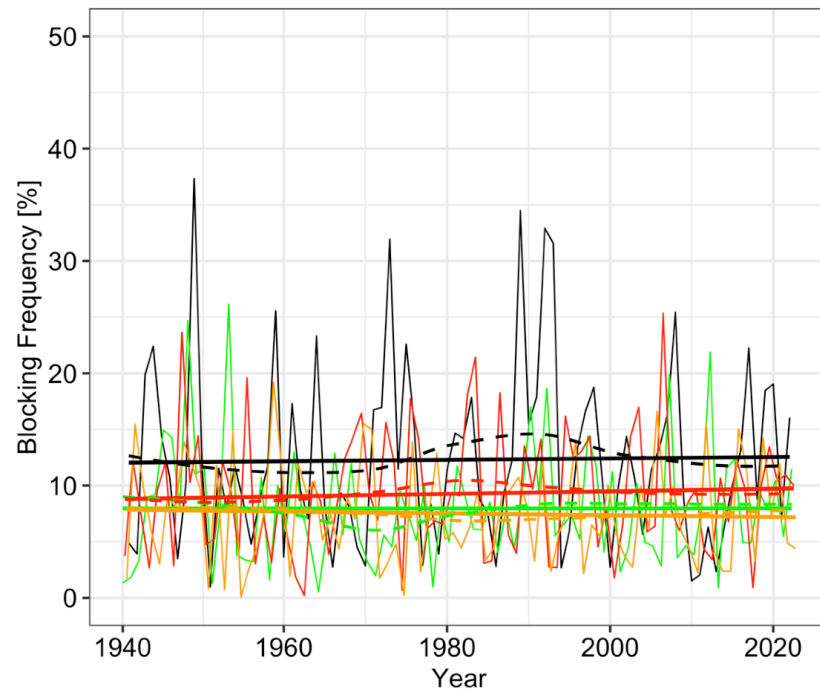


Historisches blocking und Treiber

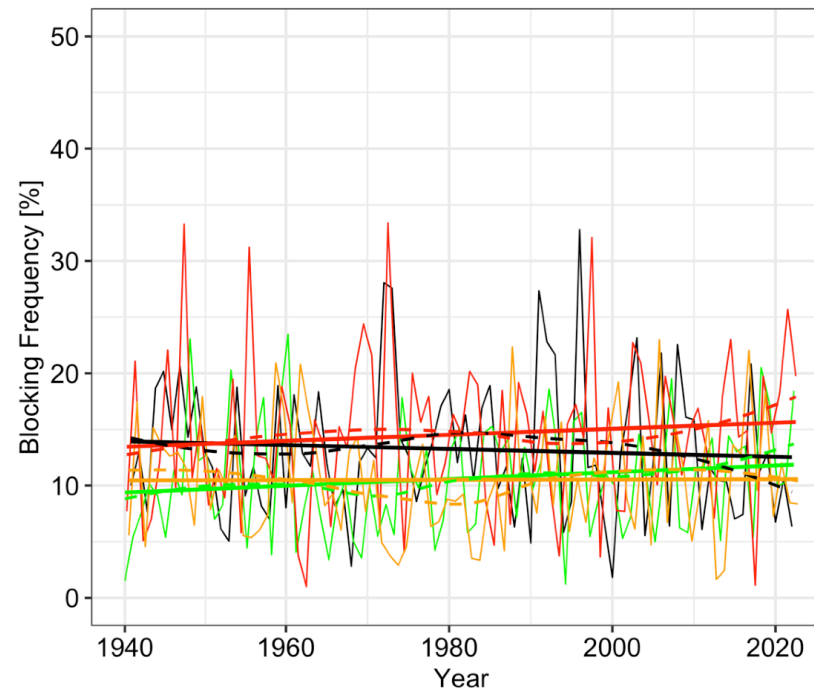
Treiber	Jahreszeit, in der blocking-Frequenz beeinflusst wird	Trend des Treibers	Extrapolierte Auswirkungen auf blocking
Atlantische Multidekadenvariabilität (AMV)	Winter, Frühling, Sommer	Übergang in negative Phase	Weniger blocking über Nordatlantik, mehr über Europa
	Herbst	Übergang in negative Phase	Weniger blocking über Europa
Atlantisches Erwärmungsloch	Winter	Intensivierung des Erwärmungslochs	Weniger blocking über Nordatlantik, mehr über Osteuropa
	Frühling, Sommer	Intensivierung des Erwärmungslochs	Weniger blocking über Nordatlantik, mehr über Europa
	Herbst	Intensivierung des Erwärmungslochs	Weniger blocking über Skandinavien, sonst geringe Auswirkungen
Eurasische Schneebedeckung	Frühling	Abnahme der Schneebedeckung	Weniger blocking über Nordatlantik und Nordskandinavien, mehr über Mittel- und Osteuropa
Differenz der Schneebedeckung westl/östl. des Urals	Monate Januar-März	Kein eindeutiger Trend	Keine Änderung
Meereisbedeckung Barents-Kara-See	Sommer	Abnahme der Meereisbedeckung	Weniger blocking über Eurasien

Historisches blocking und Treiber

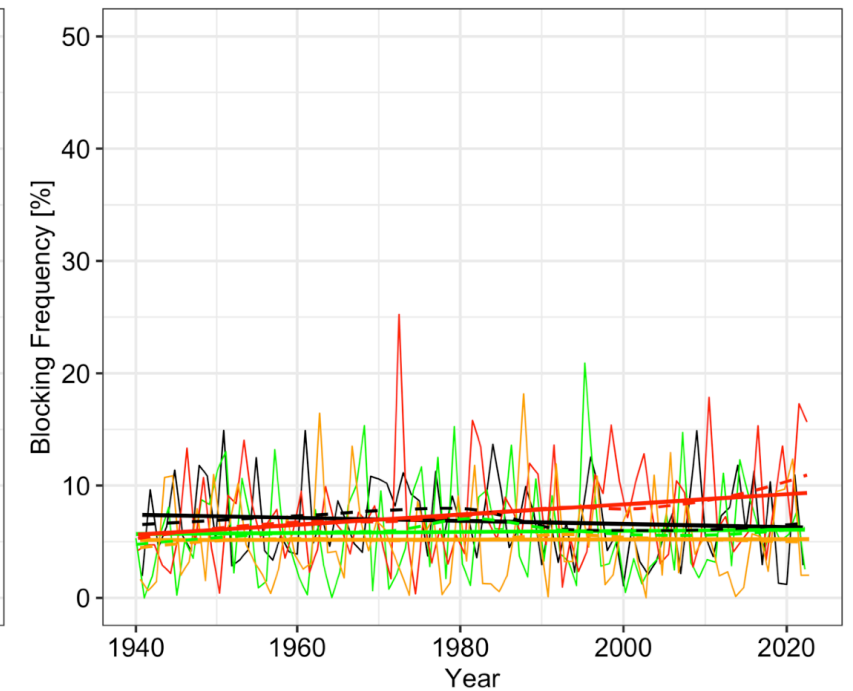
(b) Central Europe (ERA5)



(c) Scandinavia (ERA5)



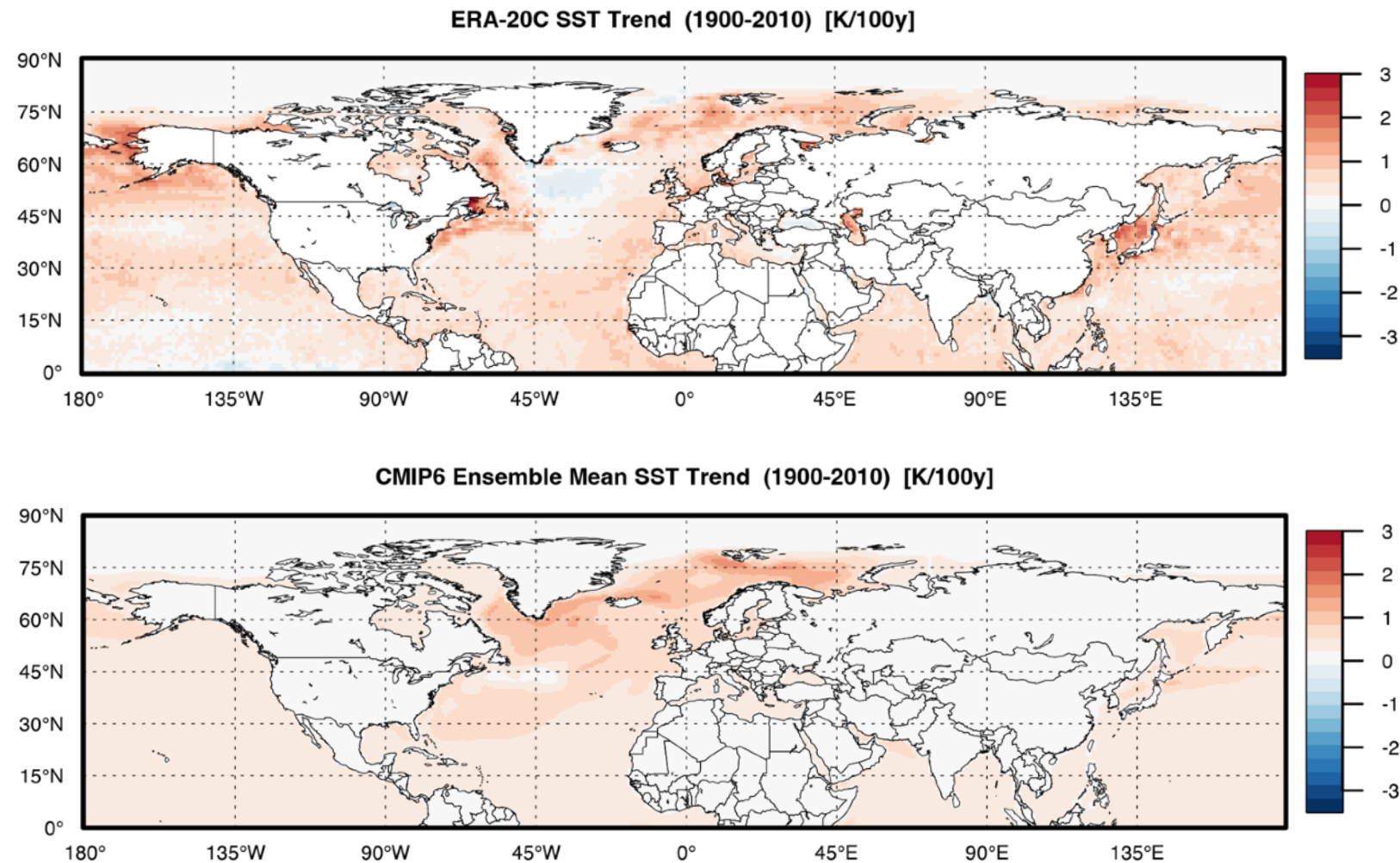
(d) Eastern Europe (ERA5)



Season — DJF — MAM — JJA — SON

Treiber in Klimasimulationen?

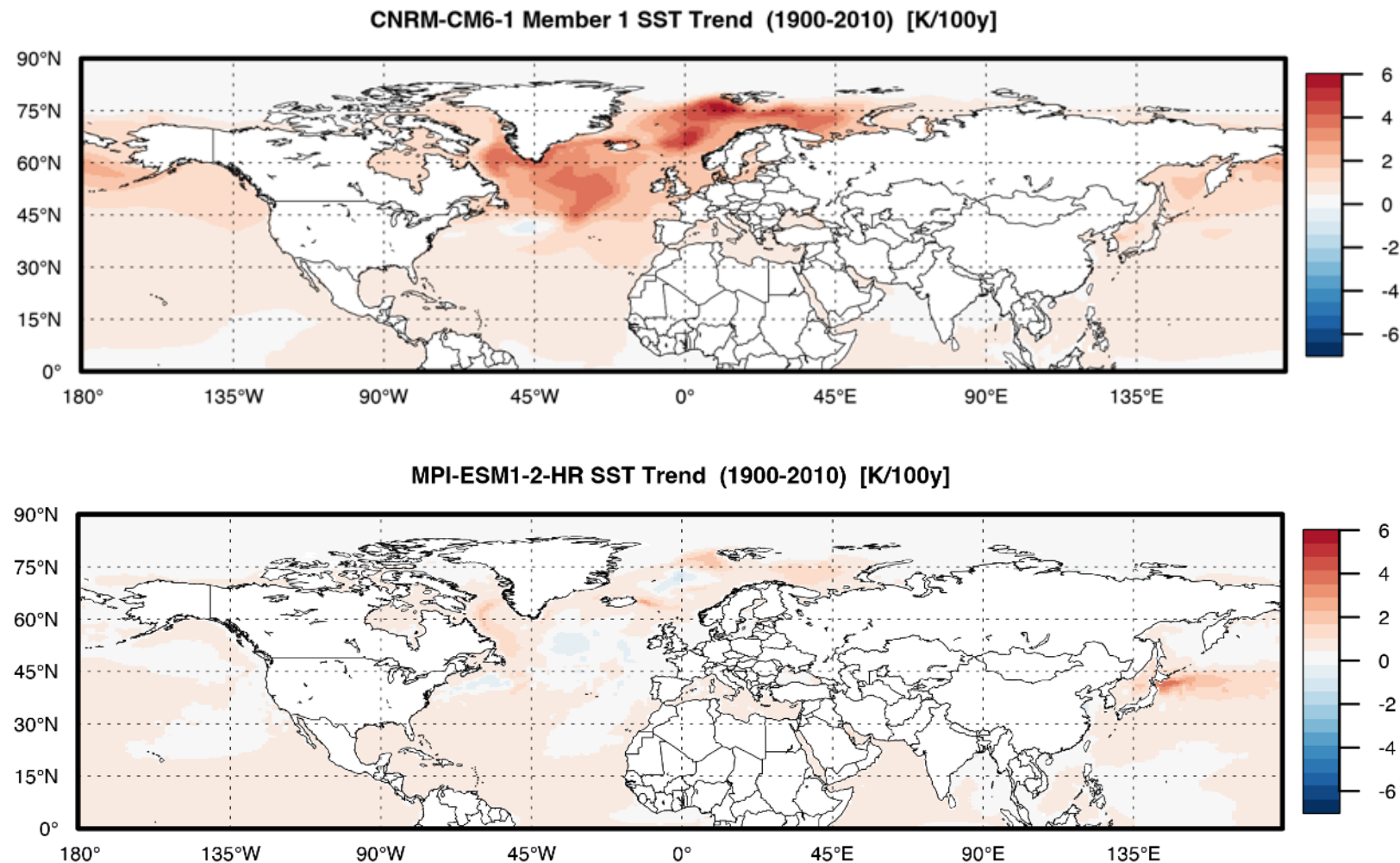
Beispiel Erwärmungsloch



Im Ensemblemittel der Klimasimulationen
unzureichend abgebildet

Treiber in Klimasimulation?

Beispiel Erwärmungsloch

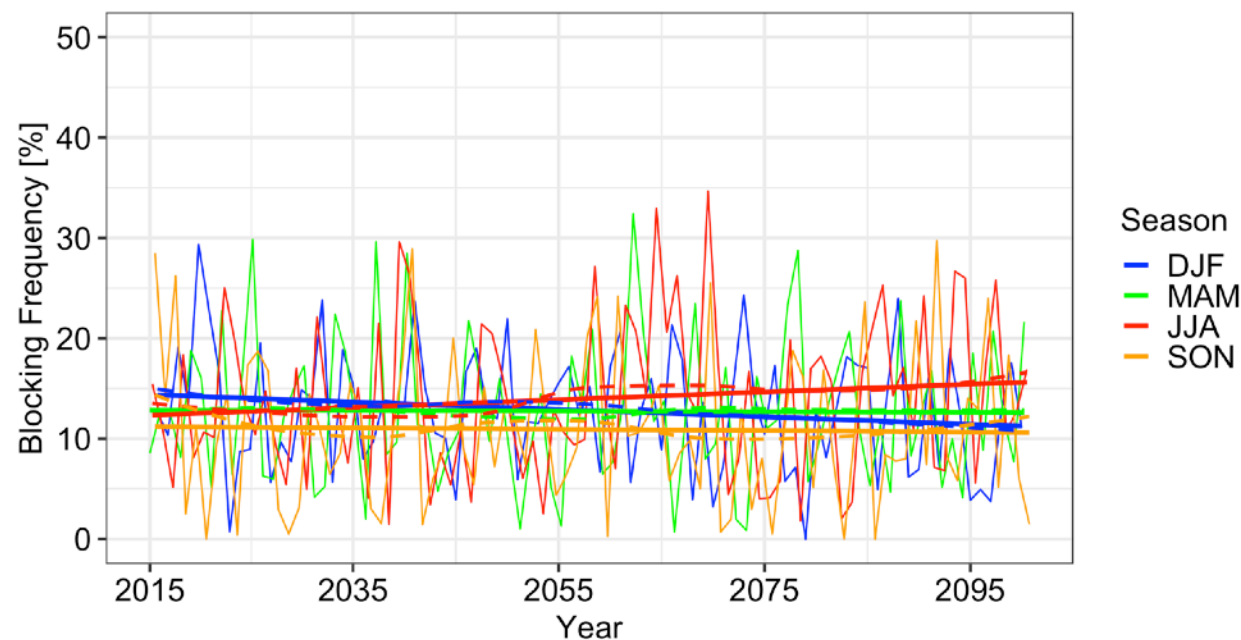


Große Spreizung in den Modellsimulationen

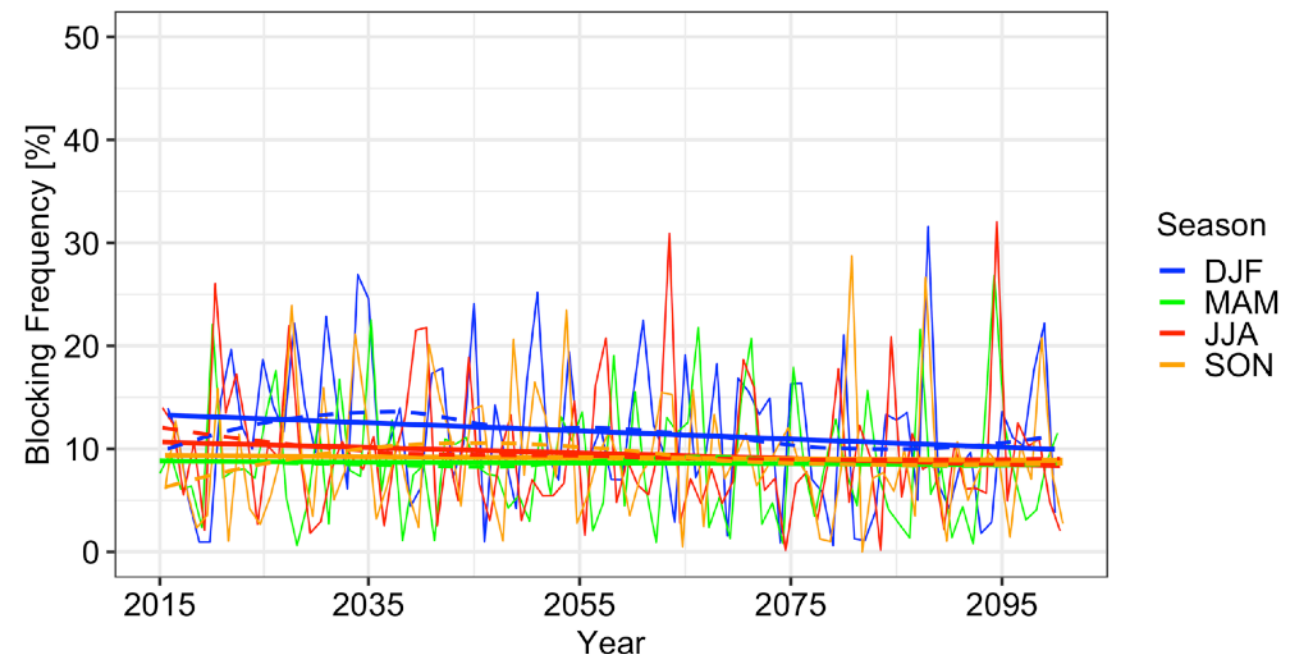
Blocking in Klimaprojektionen?

- Winter-Abnahme konsistent in den Modellen
- große Unterschiede bei Sommer-Trends
- Z.B. NorESM-MM mit rel. Zunahme von 25-35% (3-4 Tage) in Skand. und 10-15% (1-2 Tage) in Mitteleuropa

Trend of Seasonal Blocking Frequency in Scandinavia
(NorESM2-MM, HGHA-TM90)



Trend of Seasonal Blocking Frequency in Scandinavia
(UKESM1-0-LL, HGHA-TM90)



Annahme: Projektion des NorESM-MM

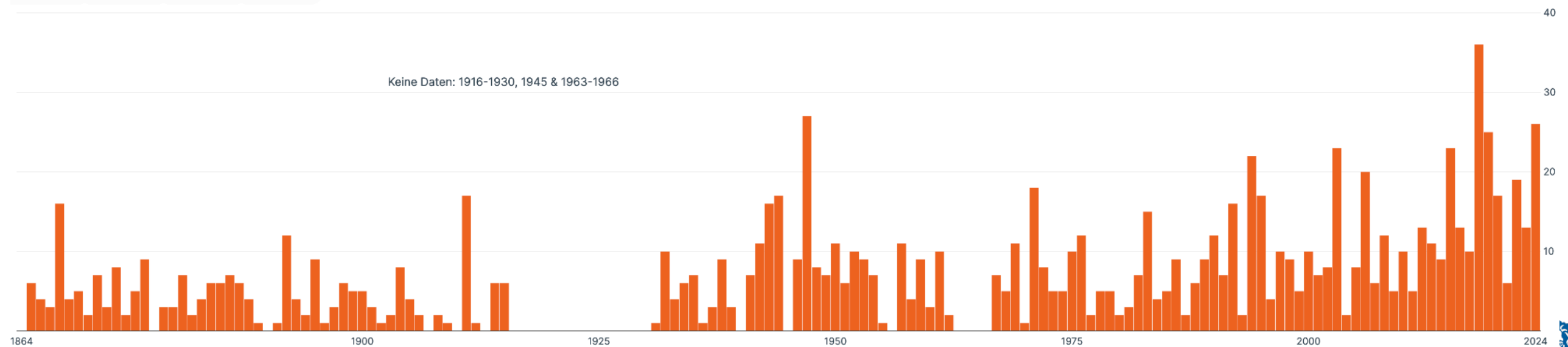
- Beobachtung: Leipzig mit ca. 25 Hitzetagen/Jahr in Leipzig
- Davon 40% bzw. 10 Hitzetage mit blocking
- Zunahme von blocking in NorESM-MM → 1-4 Hitzetage^(*) pro Jahr mehr (nur durch blocking, d.h. ohne andere Faktoren)

Hitzetage in Leipzig 1864 - 2024

Gesamtmenge der Tage mit 30 °C und mehr innerhalb eines Jahres

Einzelauswertung

1864-1915 1931-1981 1982-2024 1864-2024



Gemessen an der Station Leipzig-Holzhausen [Weitere Klima-Infografiken](#)

Grafik: Matthias Puppe / LVZ • Quelle: Deutscher Wetterdienst

(*) grössere Effekte auf Hitzewellen zu erwarten

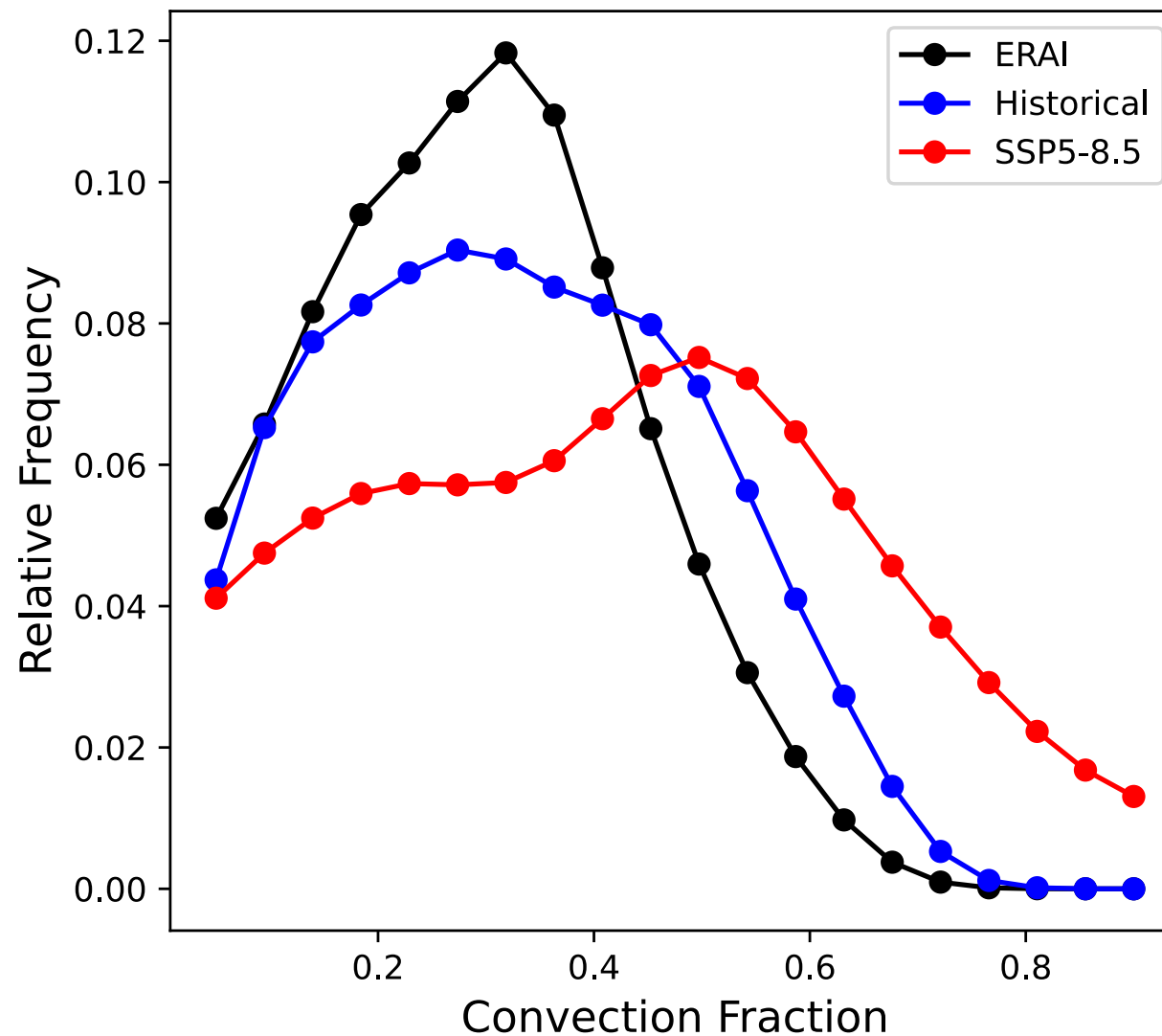


Zwischenfazit

- der mechanistische Zusammenhang blocking - Wetter-/Klimaextreme ist robust in Reanalysen (und Klimamodellen): z.B.
 - 8-9-mal häufiger sommerliche Hitzewelle mit blocking in Mitteleuropa,
 - 3-mal häufiger Vb-Lagen bei blocking Osteuropa (Starkregen 3,5-mal häufiger),
 - Winterflauten 3-mal häufiger bei blocking im nördlichen Mitteleuropa bis Nordsee
- Klimamodellunsicherheiten erschweren Aussagen über zukünftige Häufigkeit und Intensität blockierender Wetterlagen
- Robuste Aussagen aus Vergangenheit und Projektionen:
 - mehr blocking in Frühling/Sommer => intensiviert Hitzewellen/Trockenperioden und mehr/stärkere Vb-Ereignisse
 - eher keine Änderung bei Winterflauten

Weitere Aspekte

Vb-Hochwasser = f(Regensumme, Regenintensität, ...)



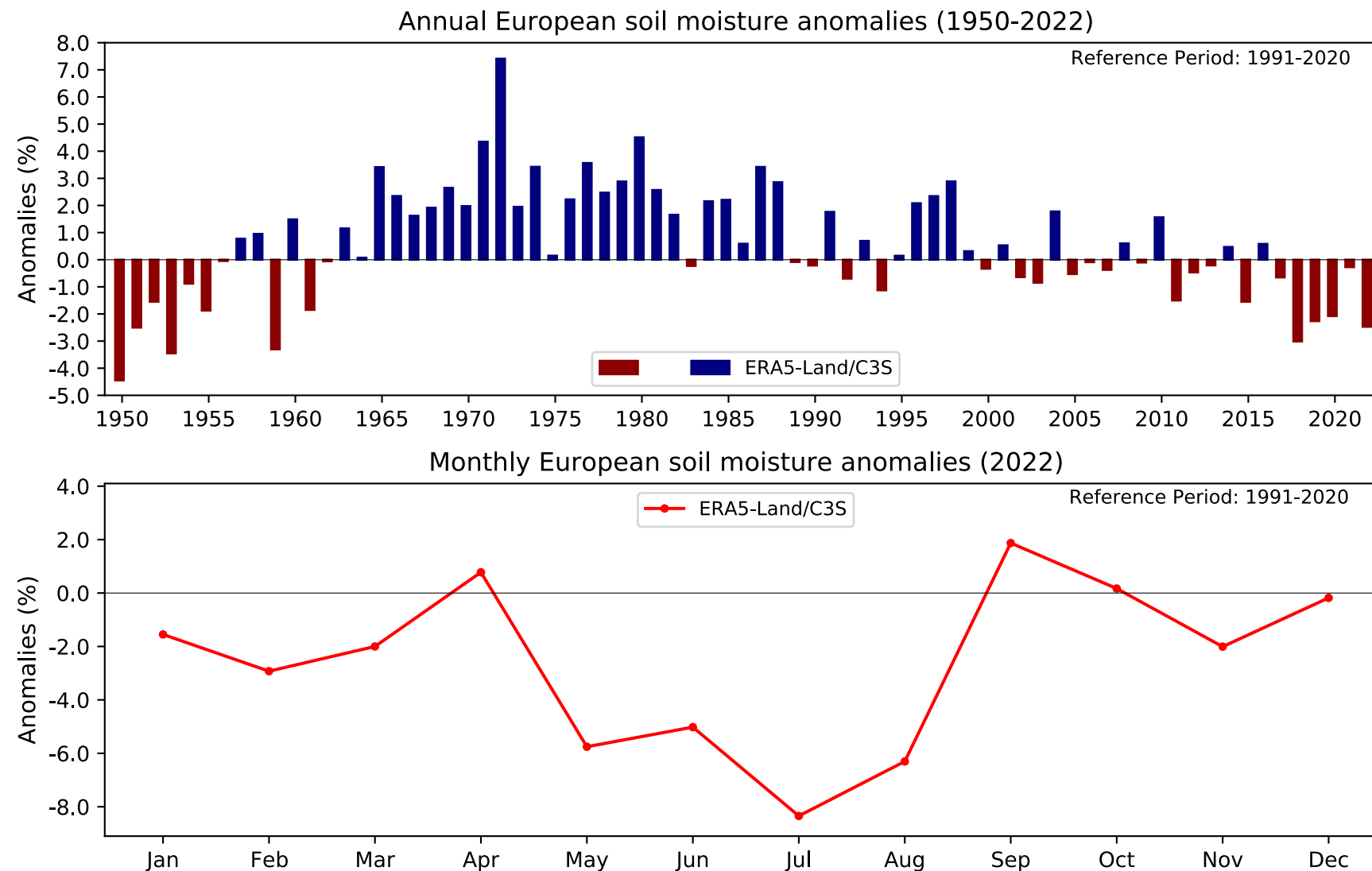
Regenintensität ↗

Abfluss, Erosion ↗

Hamouda et al., Subm.

Weitere Aspekte

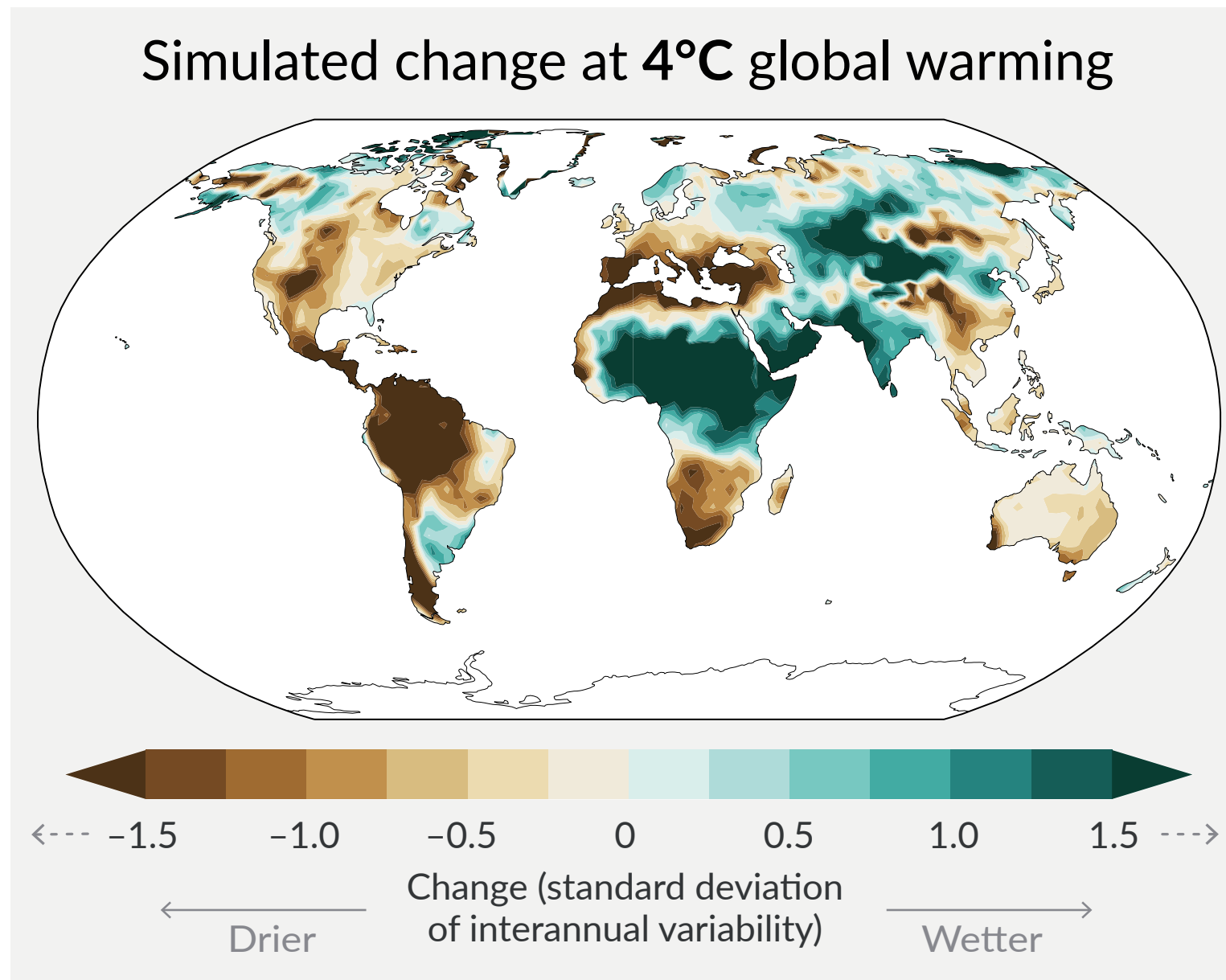
Hitzewellen, Trockenperioden = $f(\dots, \text{Bodenfeuchte}, \dots)$



Weitere Aspekte

Hitzewellen, Trockenperioden = $f(\dots, \text{Bodenfeuchte}, \dots)$

Änderung der integrierten (0-200 cm) annuellen Bodenfeuchte



Hitzewellen 

Fazit

"Ich weiss das nie vor nachher."

Michel aus Lönneberga

Klimamodelle haben immer noch Entwicklungsbedarf!

Dennoch: **Es wird extremer!**

§20a GG ... Vorsorgeprinzip =>

Mitigation + Adaption