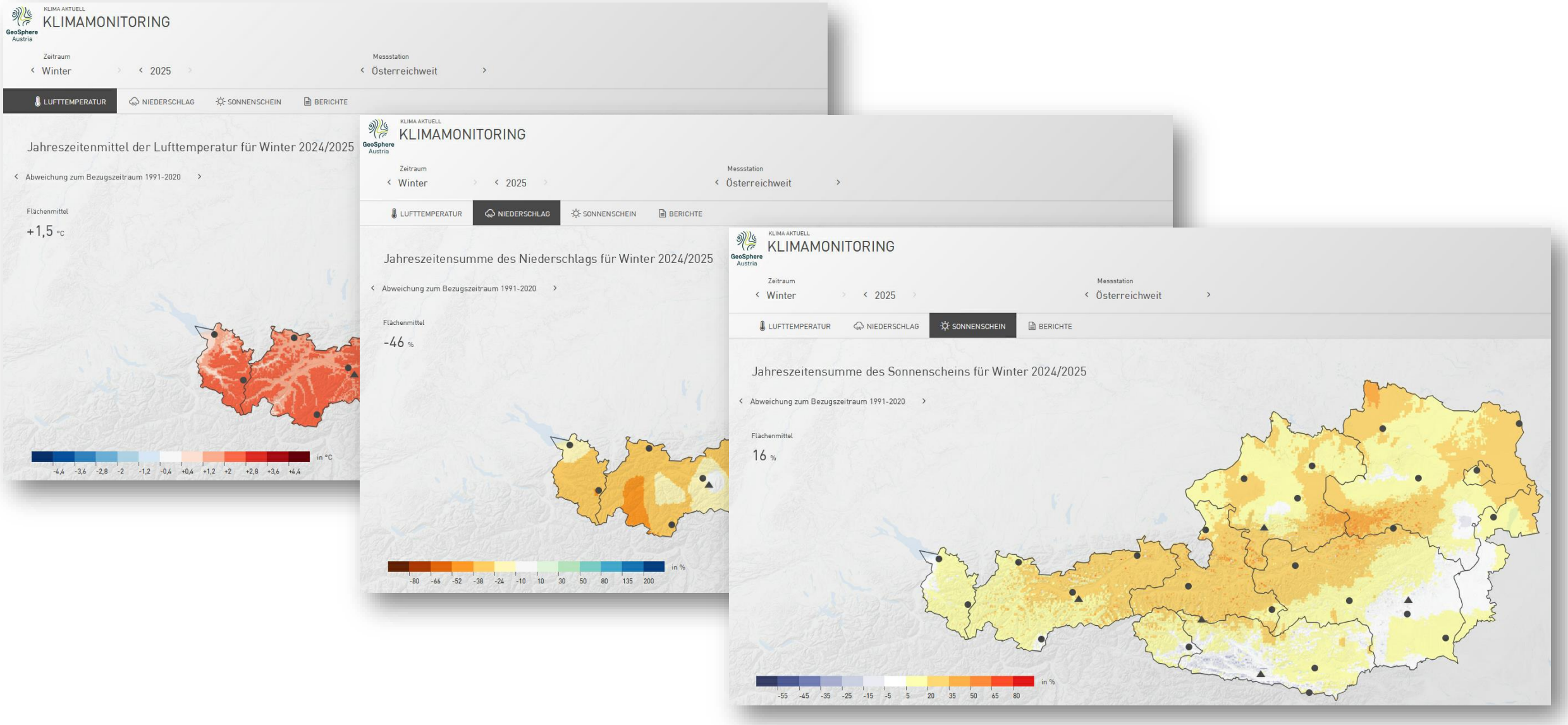
Extremereignisse im Klimawandel – Vergangenheit und Zukunft

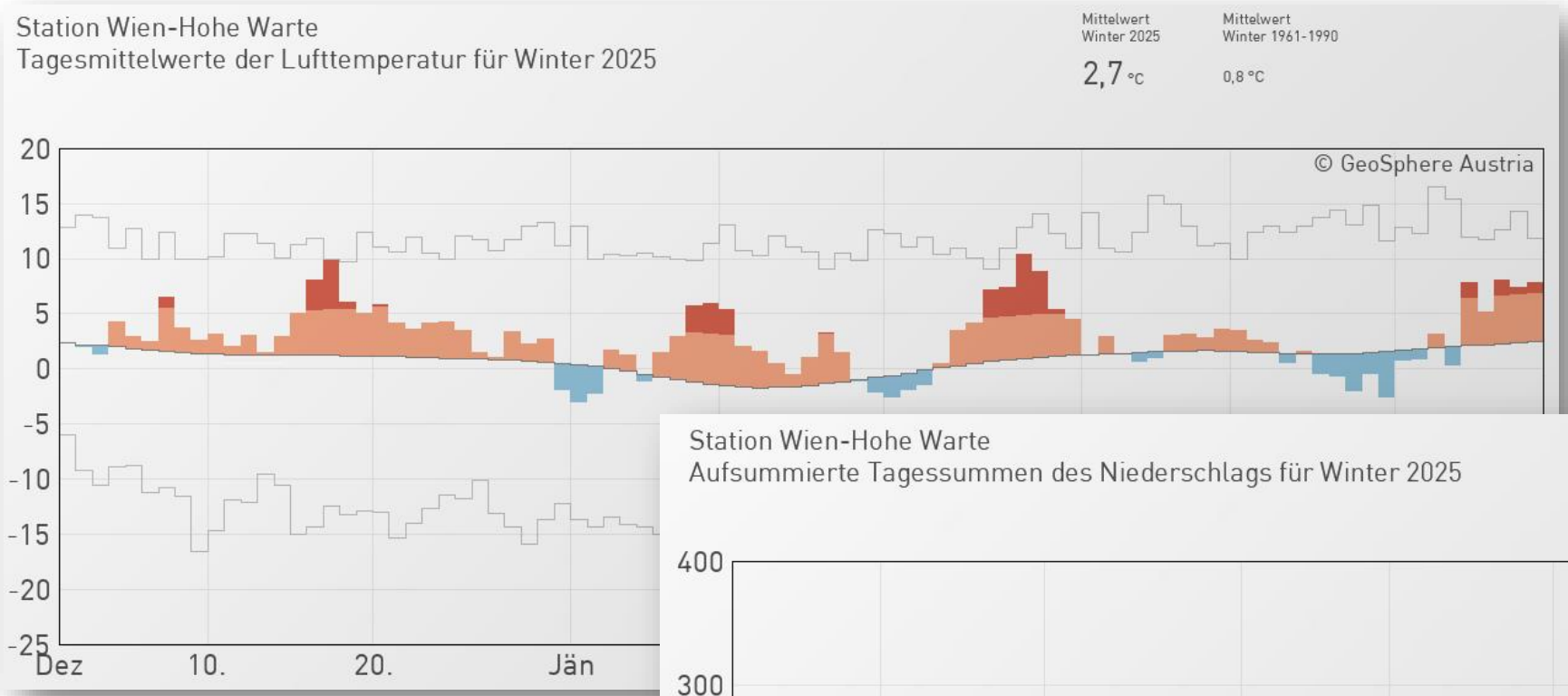
Klimasystem und Klimafolgen
Klaus Haslinger
klaus.haslinger@geosphere.at

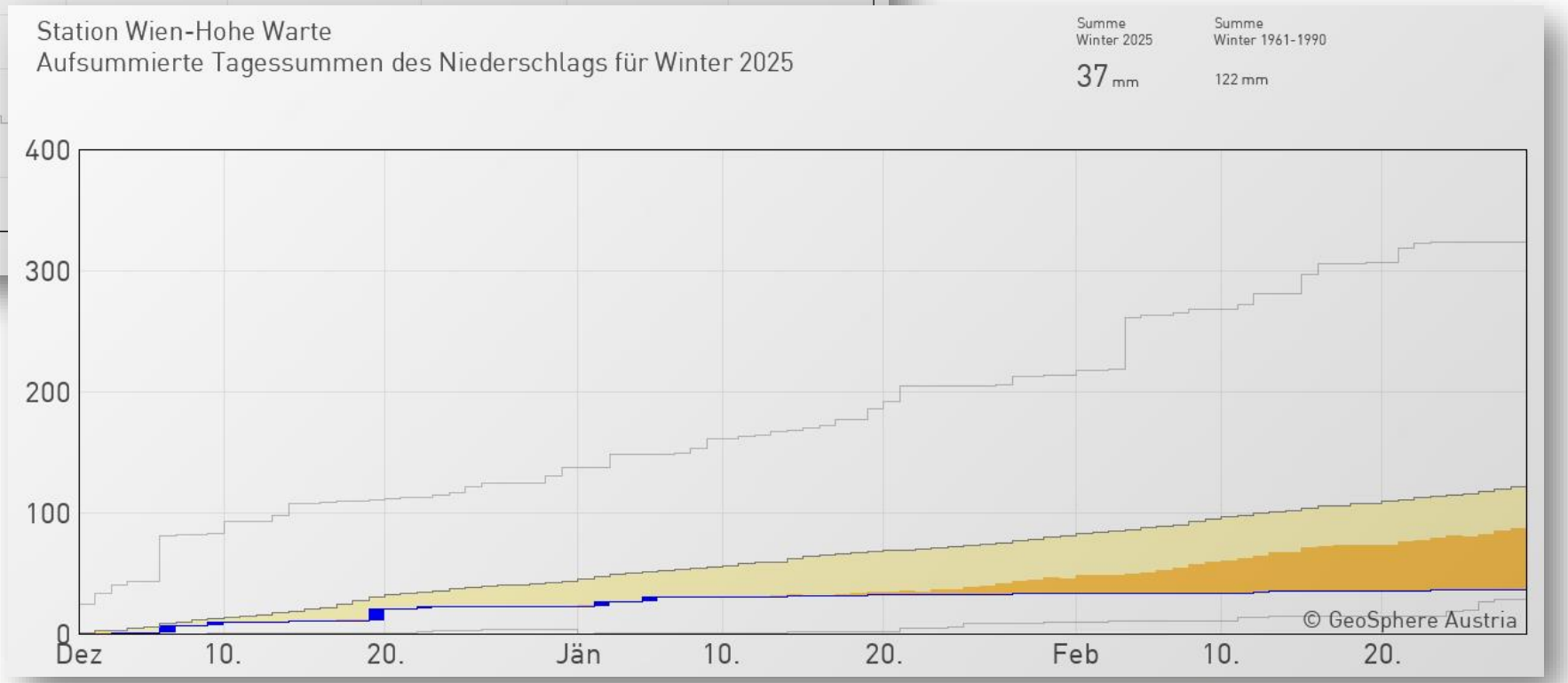
Klima aktuell – Winter 2024/2025



© GeoSphere Austria

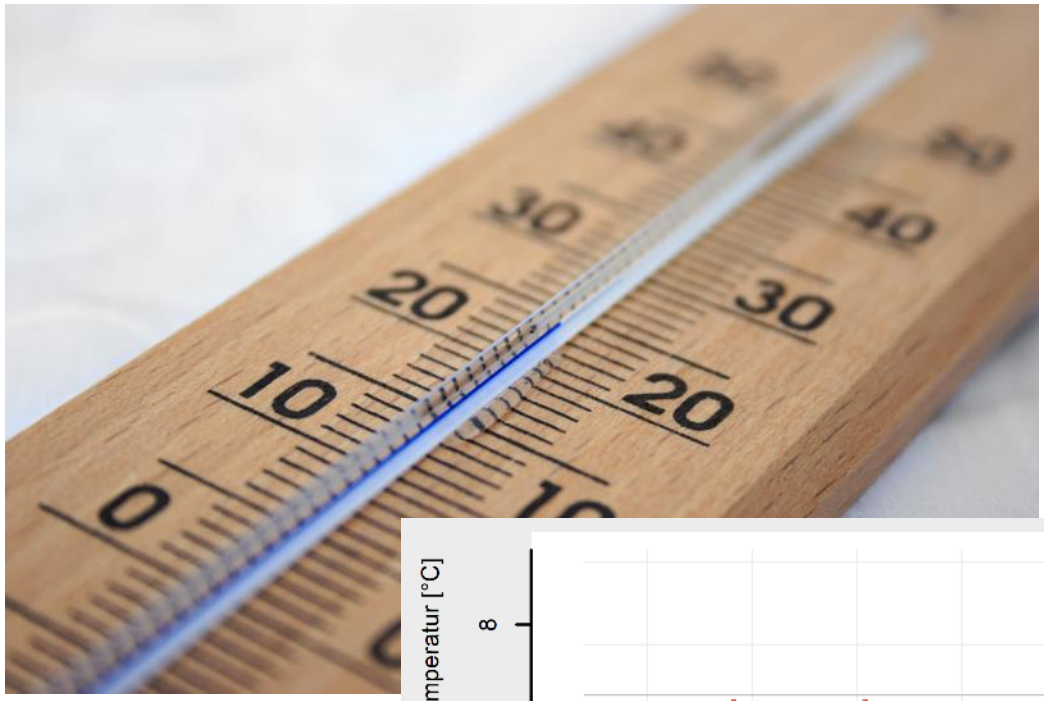
Klima aktuell – Winter 2024/2025





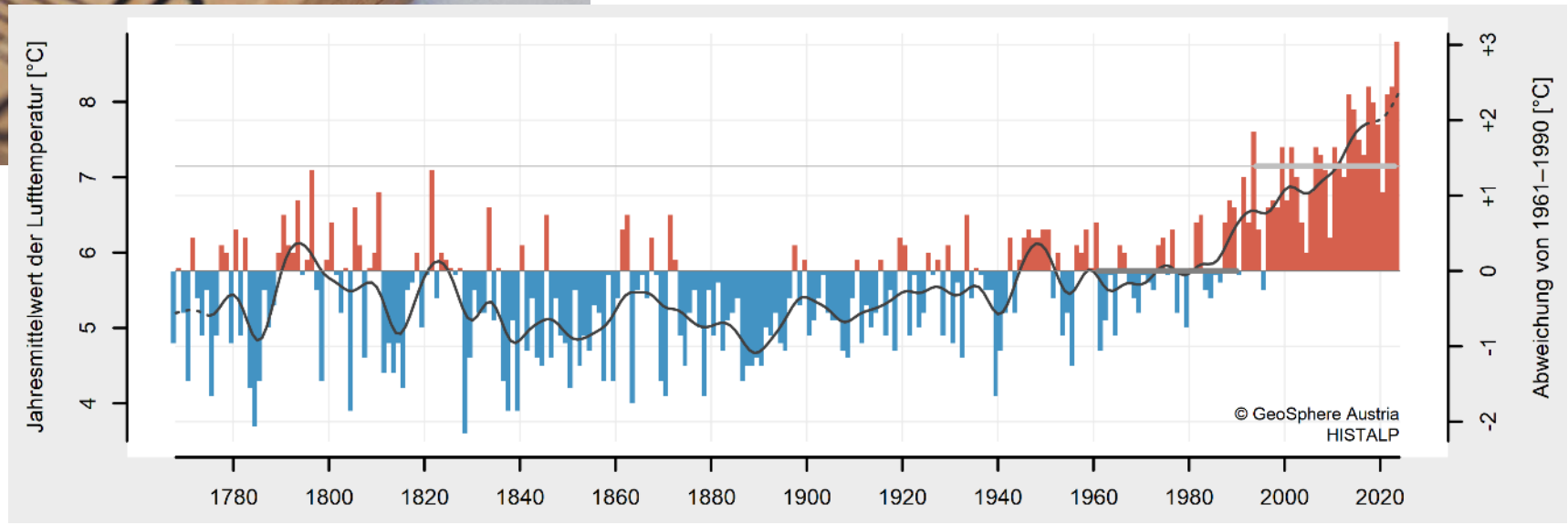
© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Lufttemperatur



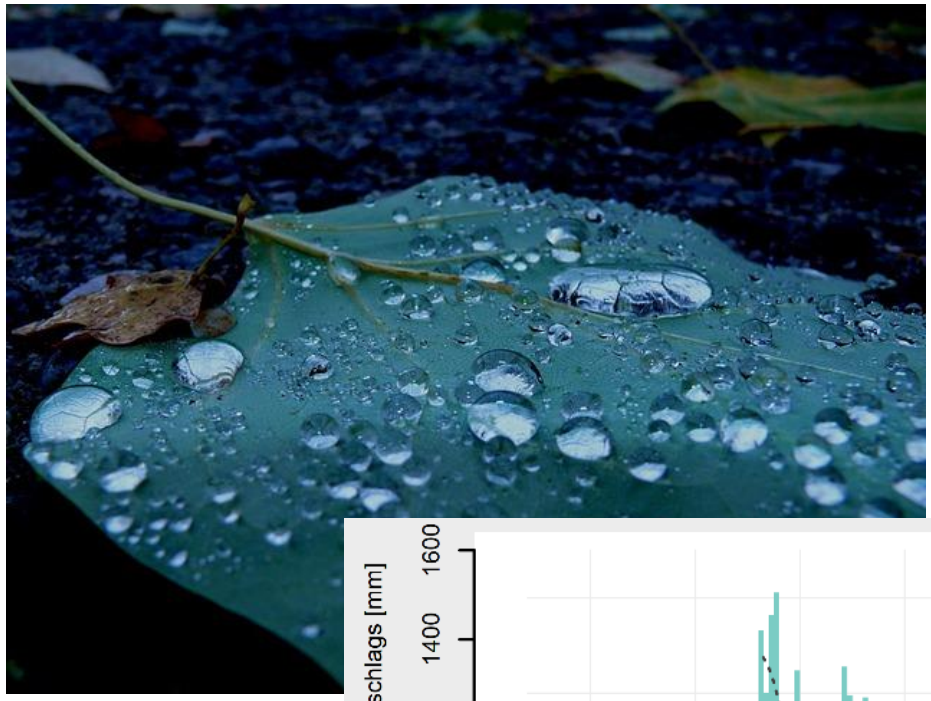
1961-1990	1991-2020
5,8 °C	7,0 °C

+1,2 °C



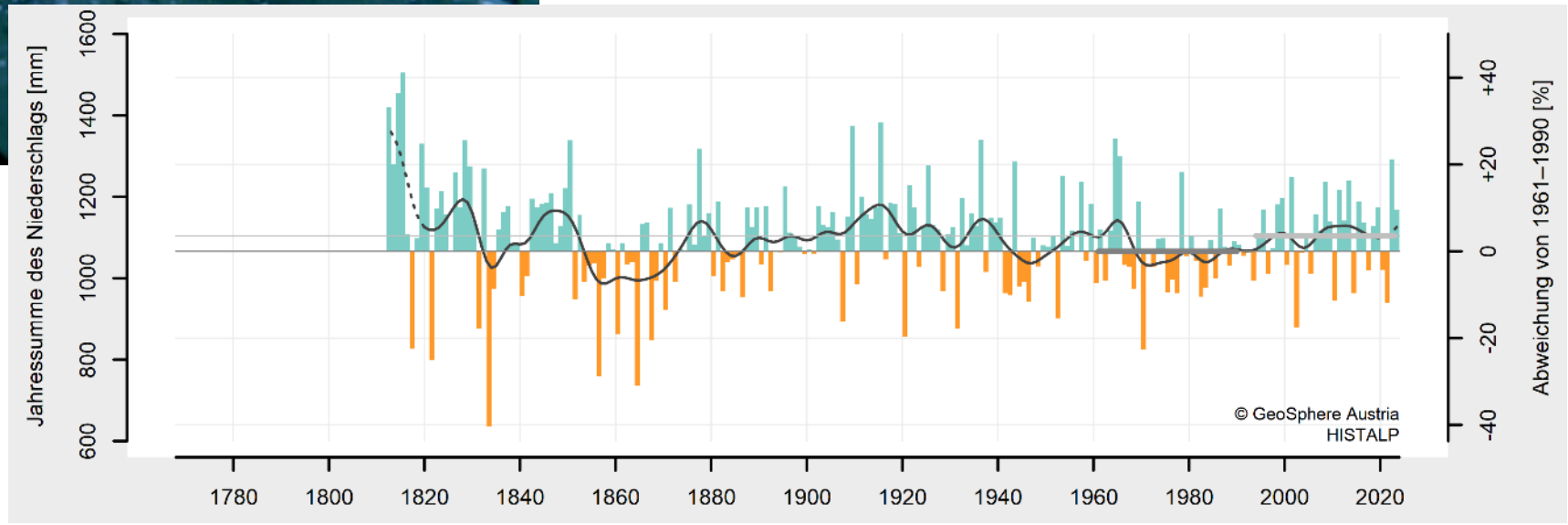
© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Jahresniederschlagssumme



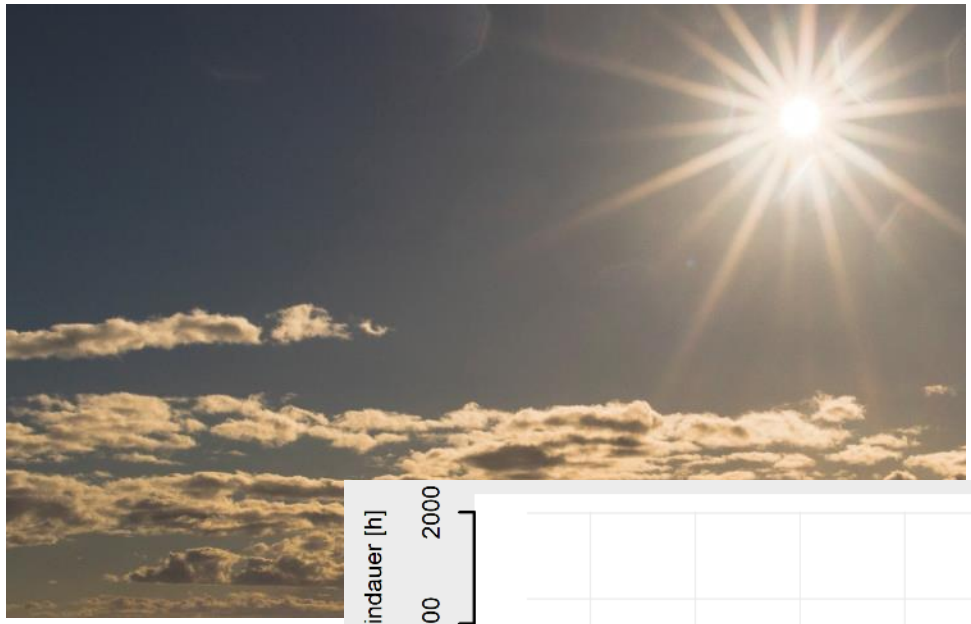
1961-1990	1991-2020
1067 mm	1103 mm

+36 mm



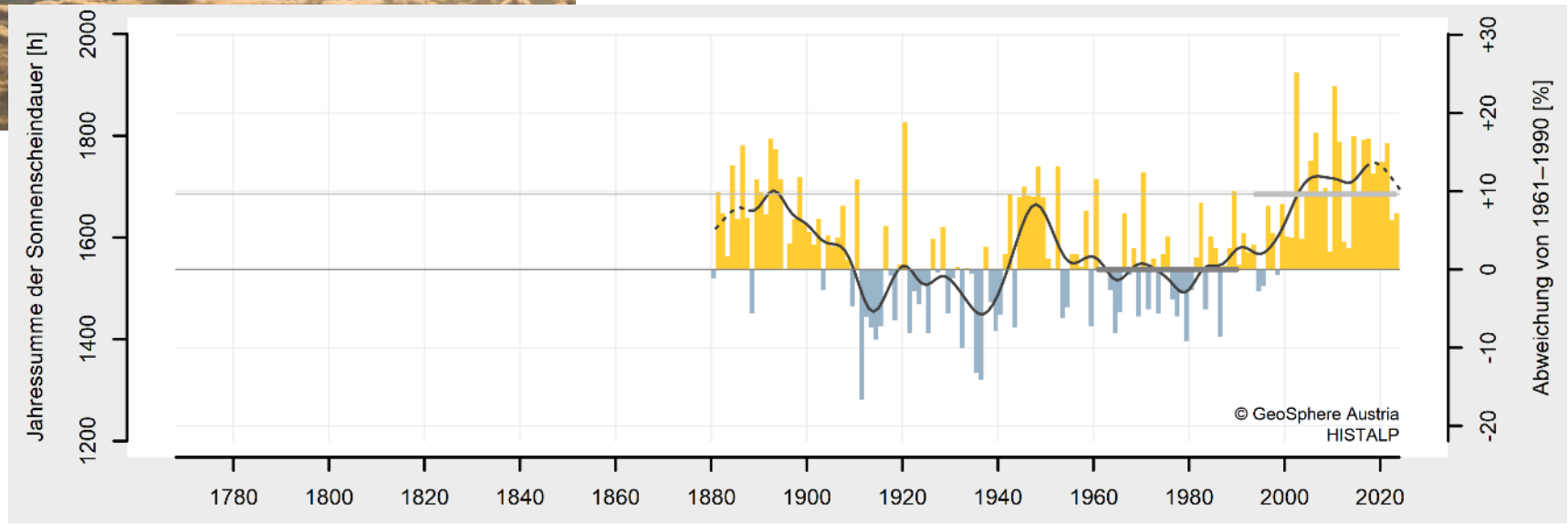
© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Sonnenscheindauer



1961-1990	1991-2020
1537 h	1670 h

+133 h

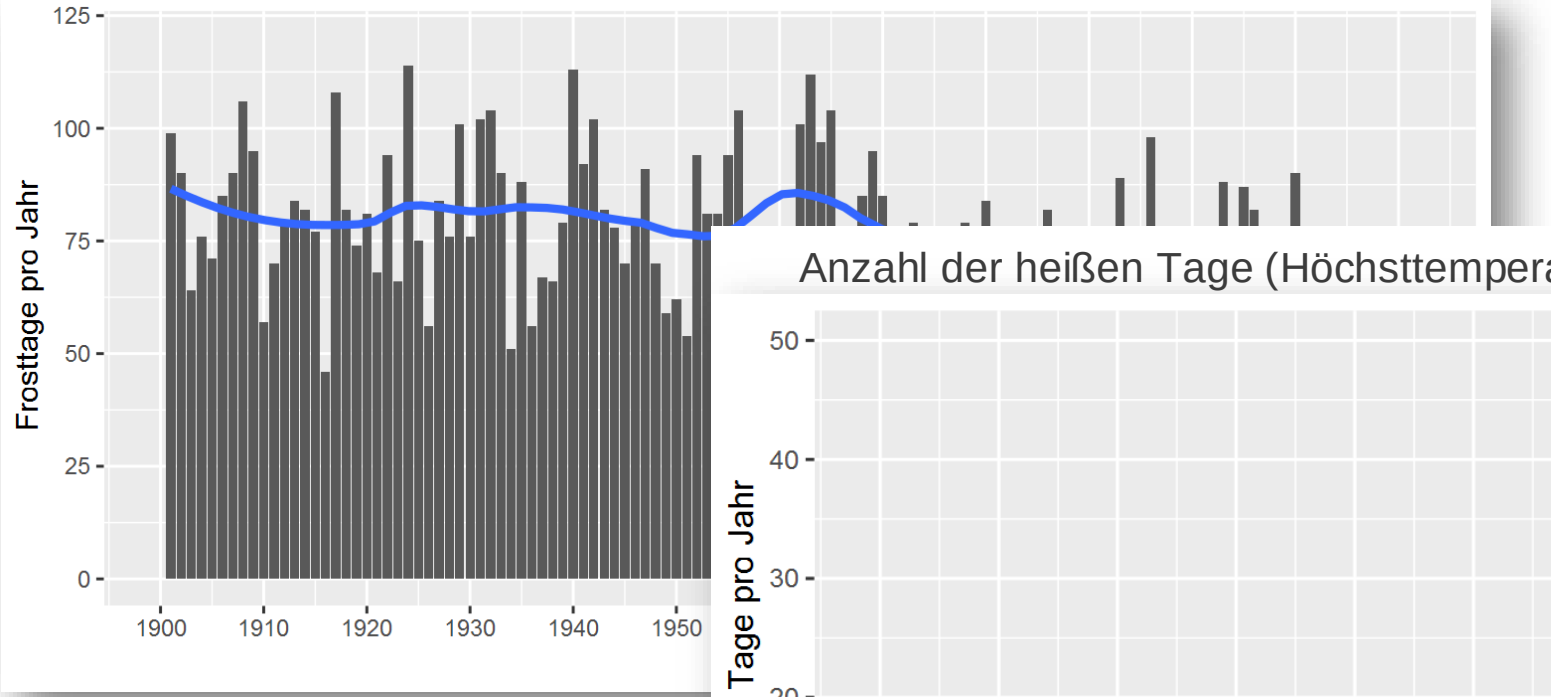


© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Klimaindikatoren

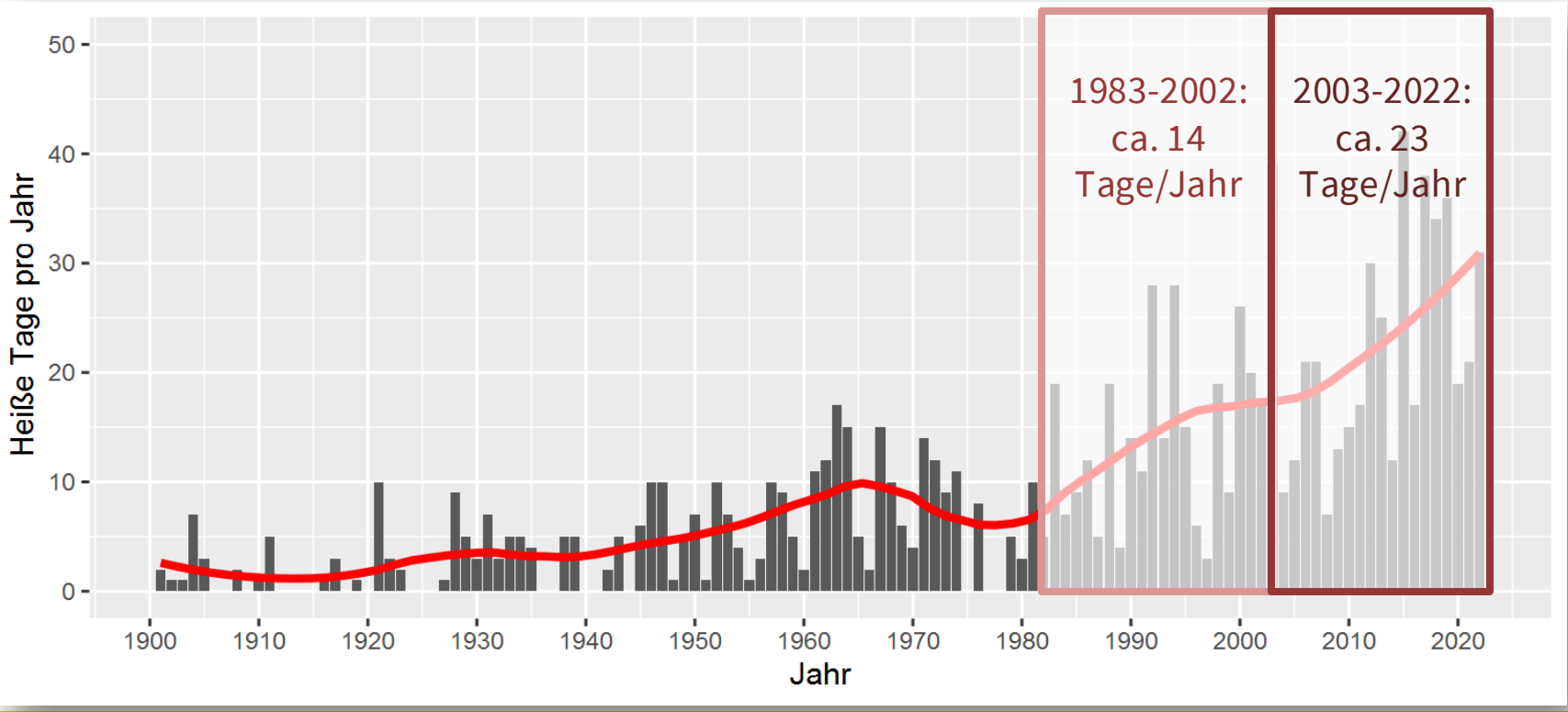
Änderung von Klimaindikatoren am Beispiel Wien Hohe Warte

Anzahl der Frosttage (Tiefsttemperatur < 0°C) in Wien Hohe Warte



→ Warme Extreme zeigen stärkere Veränderung als Kalte Extreme

Anzahl der heißen Tage (Höchsttemperatur > 30°C) in Wien Hohe Warte



© GeoSphere Austria

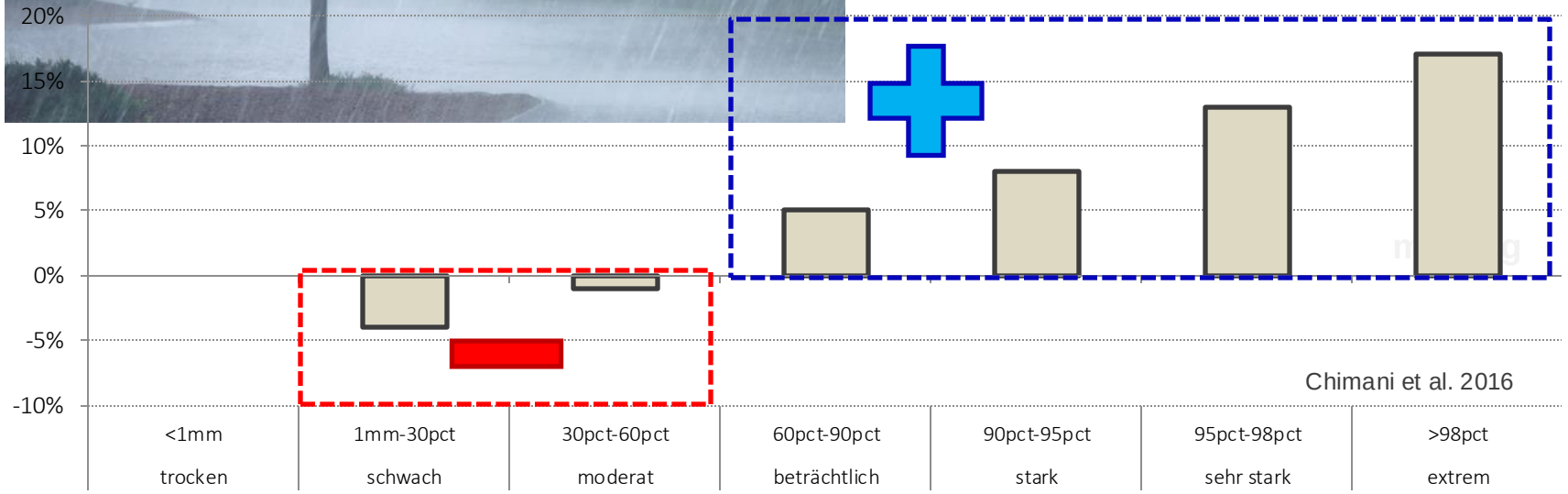
Klimawandel in Österreich – Extremniederschläge (> 99%)

GeoSphere Austria

Tagesniederschlagssummen: Häufigkeit und Menge

1961-1990	1991-2020
44 mm	47 mm

+3 mm = +6,5 %



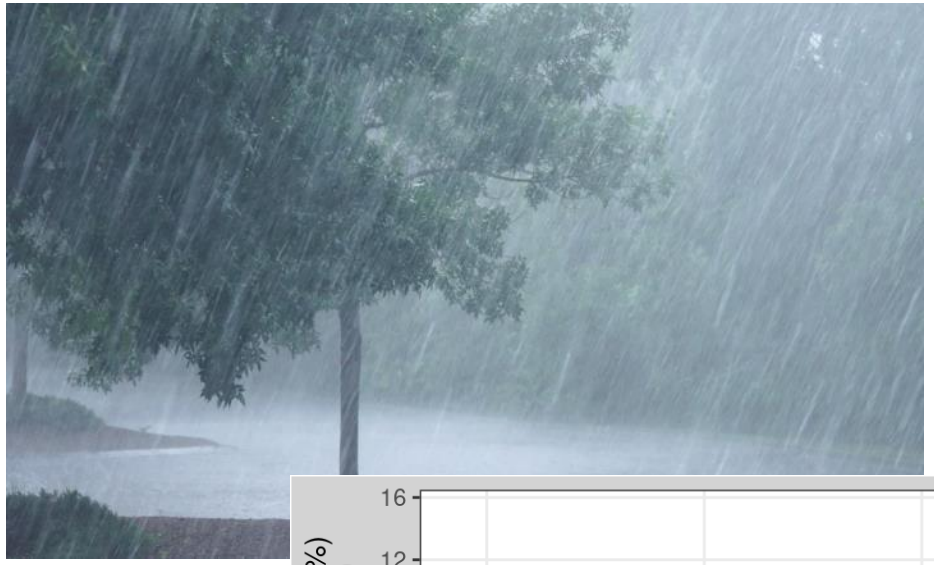
Schwache bis Moderate Tagesniederschlagssummen

Beträchtliche bis Extreme Tagesniederschlagssummen

© GeoSphere Austria

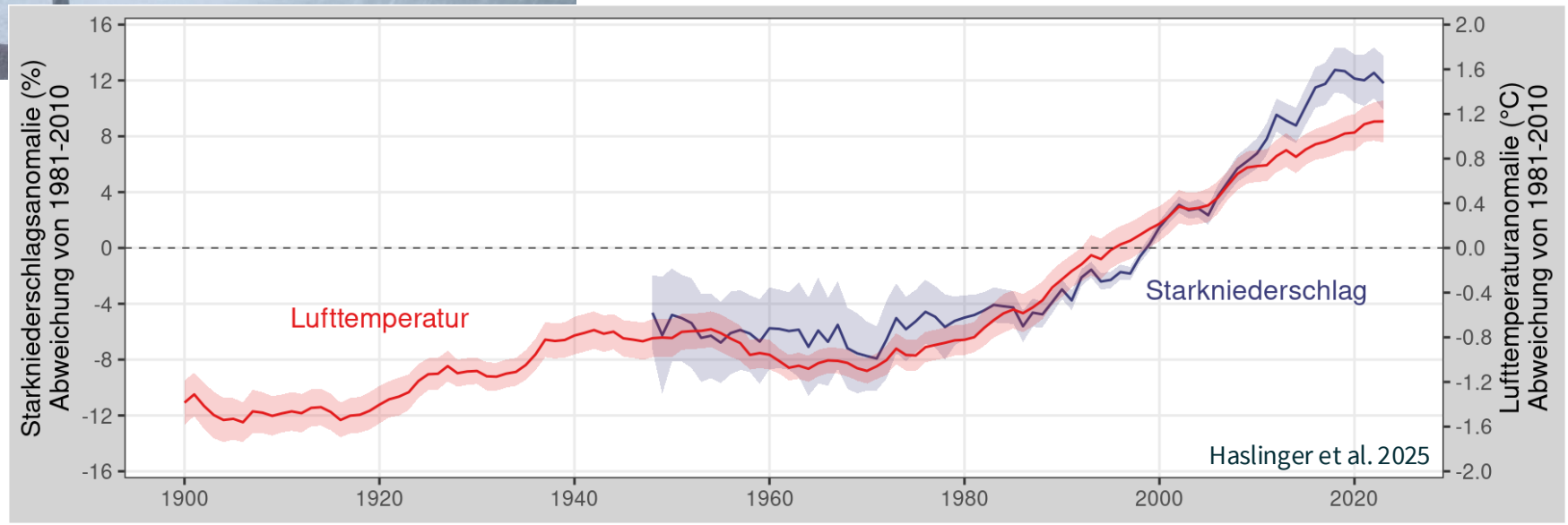
Klimawandel in Österreich – Extremniederschläge (> 99%)

Stundenniederschlagssummen:



1961-1990	1991-2020
8,9 mm	10,2 mm

+1,3 mm = +15 %(!)

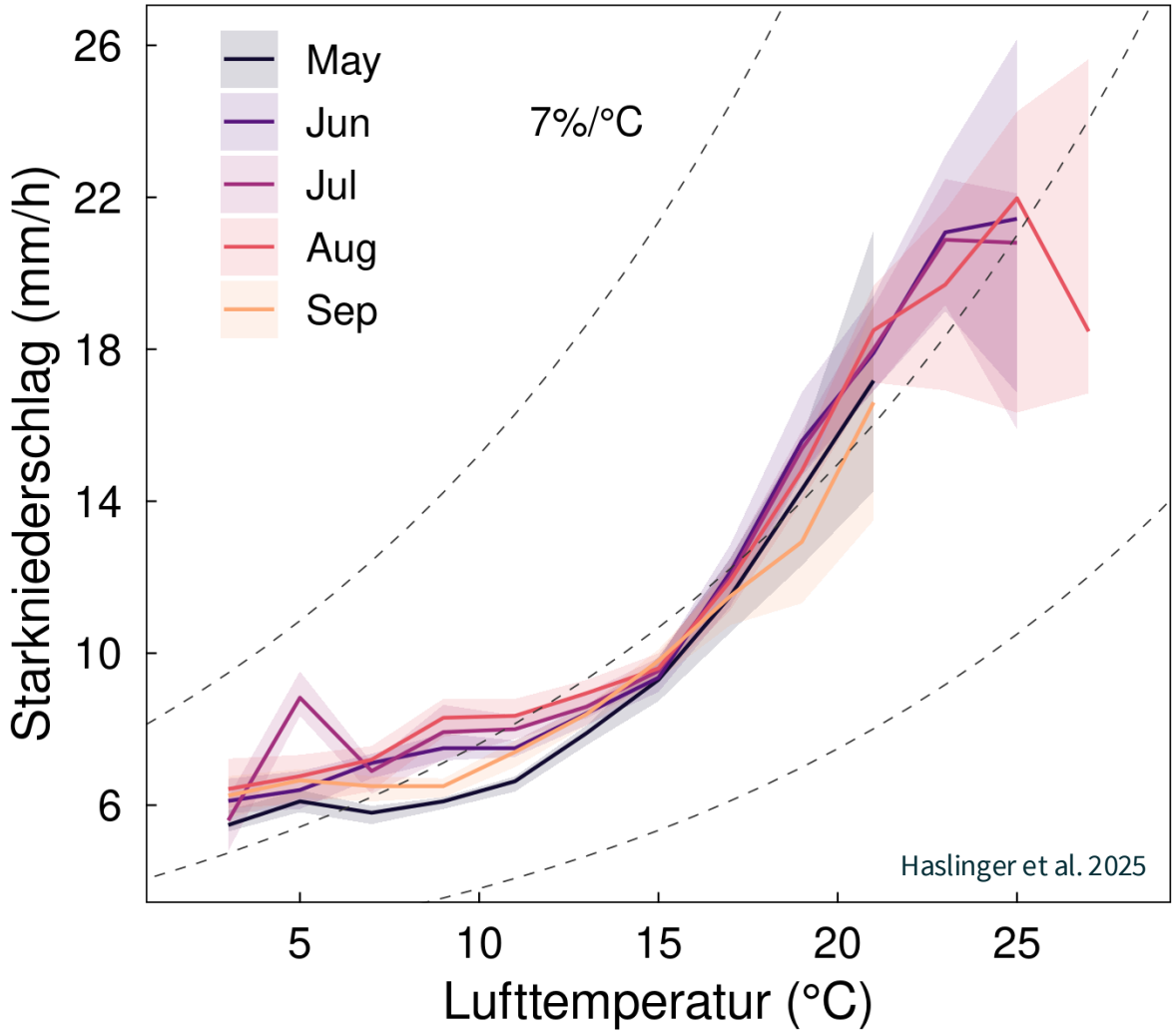


© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Extremniederschläge (> 99%)

Stundenniederschlagssummen:

„Die Clausius-Clapeyron-Gleichung besagt, dass die spezifische Luftfeuchtigkeit in niedrigen Höhenlagen um etwa 7 % pro °C der Erwärmung zunimmt, wenn man davon ausgeht, dass die relative Luftfeuchtigkeit konstant bleibt.“



© GeoSphere Austria

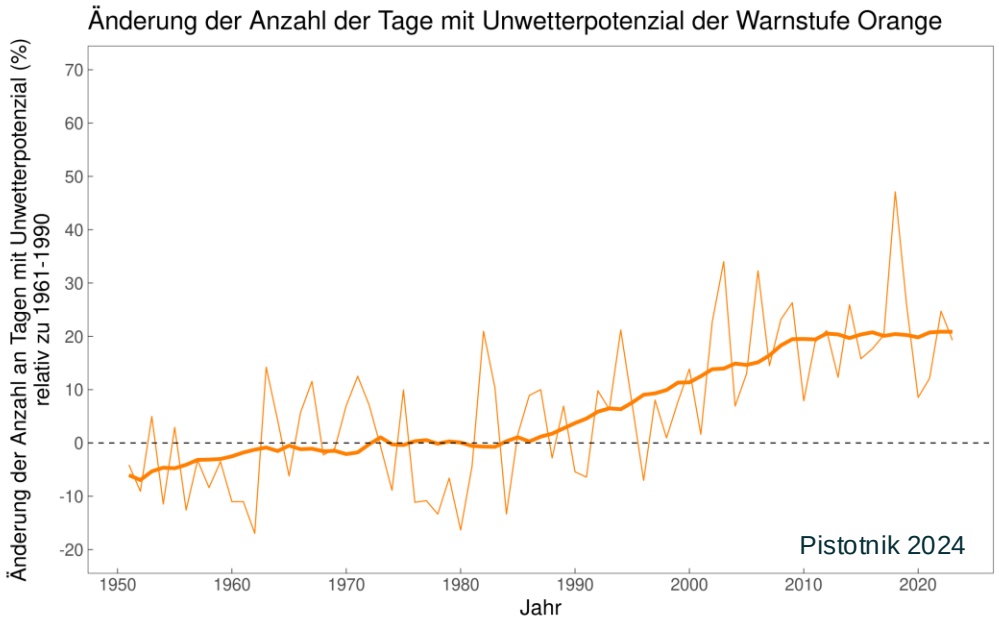
Klimawandel in Österreich – kleinräumige Starkniederschläge

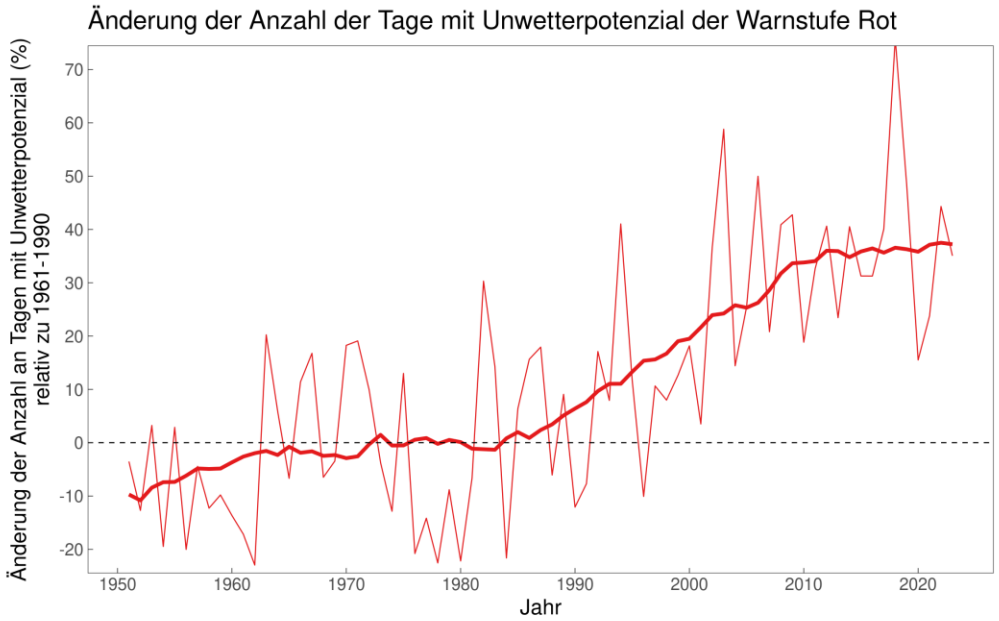
GeoSphere Austria

Entwicklung einer neuen Methode zur Erfassung von Tagen mit Potenzial für konvektiven Starkregen

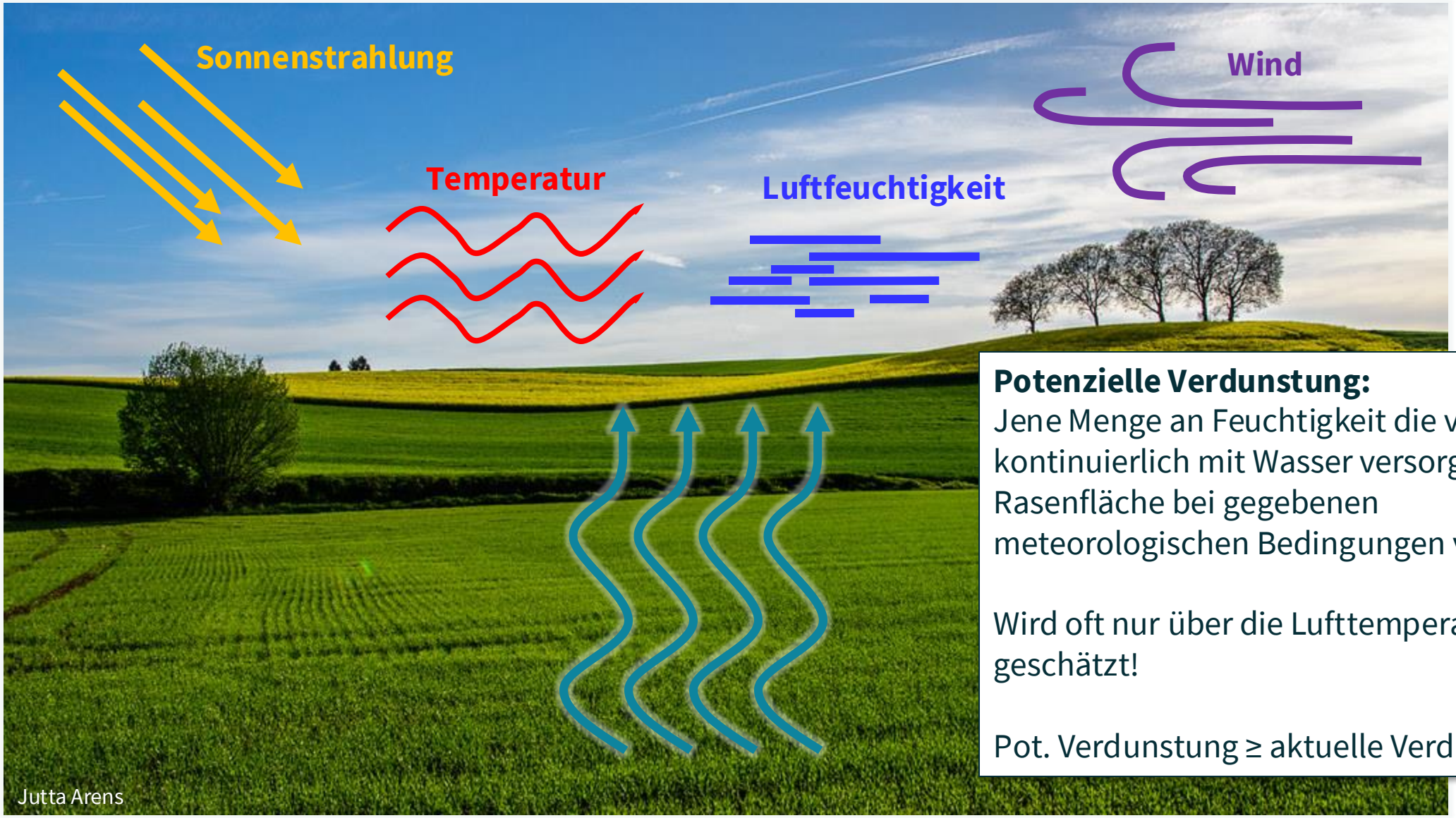
→ Verschneidung von Feuerwehr-Einsatzdaten und Atmosphärischen Daten zur Gewitterbildung

Intensitätsstufe	Bezeichnung	Interpretation für die Allgemeinheit und für Einsatzkräfte
Gelb	Markantes Wetter	• Eine Anpassung des Verhaltens ist bei Aktivitäten im Freien nötig. • Aktivitäten von Feuerwehren umfassen meist vorbeugende Arbeiten und Kontrolltätigkeit. Akute Einsätze betreffen nur wenige neuralgische Punkte.
Orange	Unwetter	• Schäden treten auf. • Die lokal zuständigen Feuerwehr hat die Situation alleine unter Kontrolle und kann die Einsätze innerhalb von weniger als 24 Stunden bewältigen.
Rot	Extremes Unwetter	• Eine Katastrophen-Situation tritt ein. • Einsätze dauern länger als 24 Stunden. Die lokal zuständige Feuerwehr erhält Katastrophenhilfe auf Bezirks- oder Landesebene.





Klimawandel in Österreich – potenzielle Verdunstung



Potenzielle Verdunstung:
Jene Menge an Feuchtigkeit die von einer kontinuierlich mit Wasser versorgten Rasenfläche bei gegebenen meteorologischen Bedingungen verdunstet.

Wird oft nur über die Lufttemperatur geschätzt!

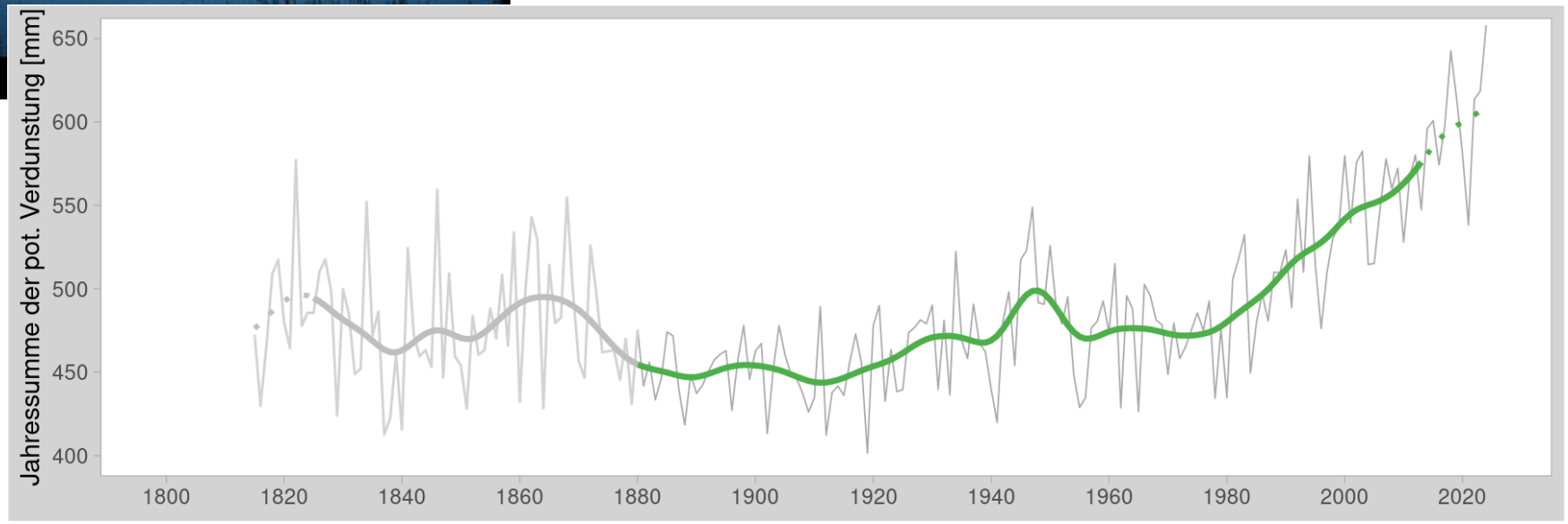
Pot. Verdunstung ≥ aktuelle Verdunstung

© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – potenzielle Verdunstung

1961-1990	1991-2020
482 mm	557 mm

+ 75 mm



© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Trockenheit

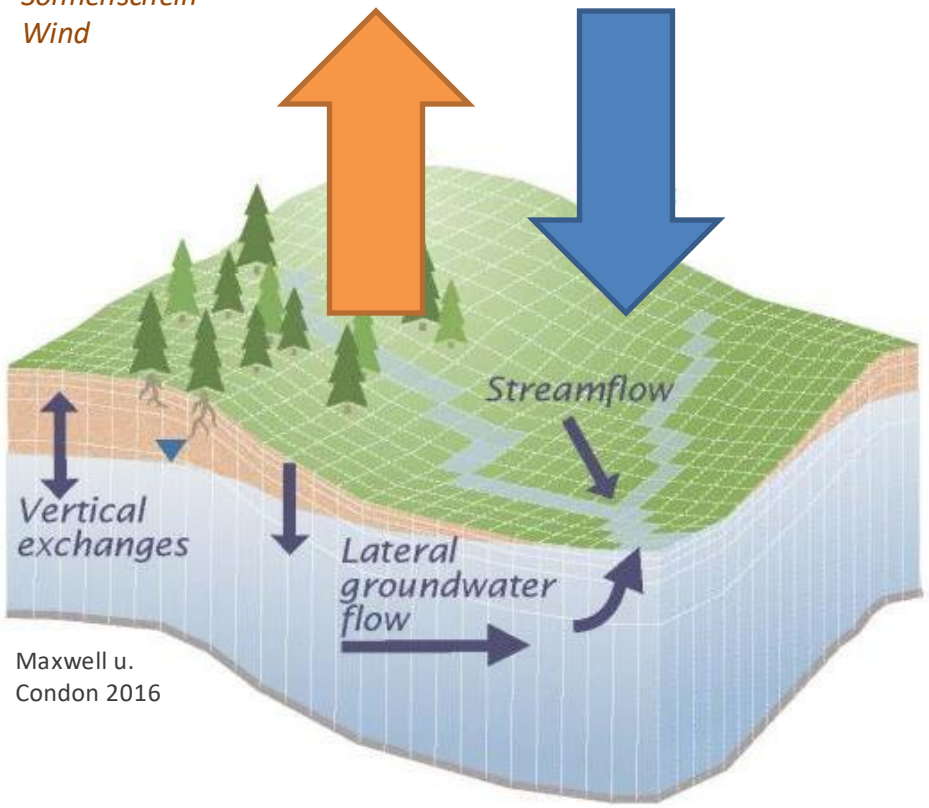
GeoSphere Austria

Ein Indikator für den Bodenwasserhaushalt – **die klimatische Wasserbilanz:**

Potenzielle Verdunstung

- *Temperatur*
- *Sonnenschein*
- *Wind*

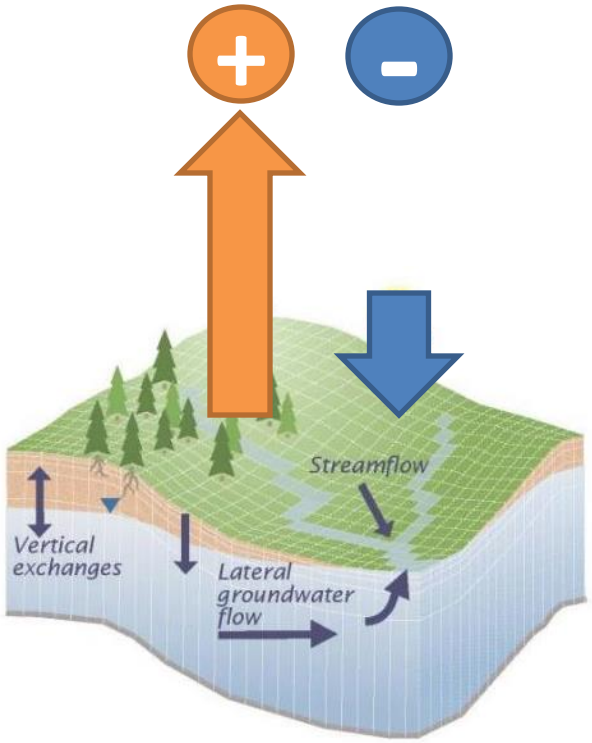
Niederschlag (+Schneeschmelze)



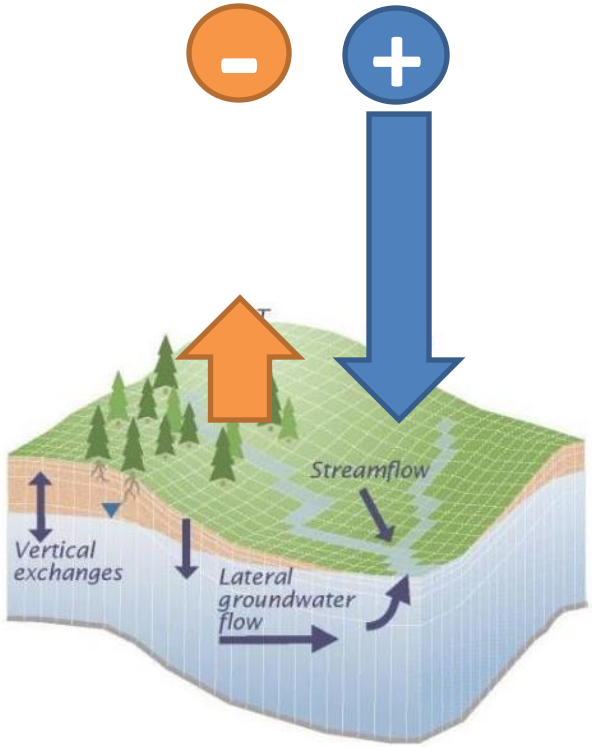
Maxwell u. Condon 2016

Klimatische Wasserbilanz = Niederschlag – pot. Verdunstung

Trockene Bedingungen

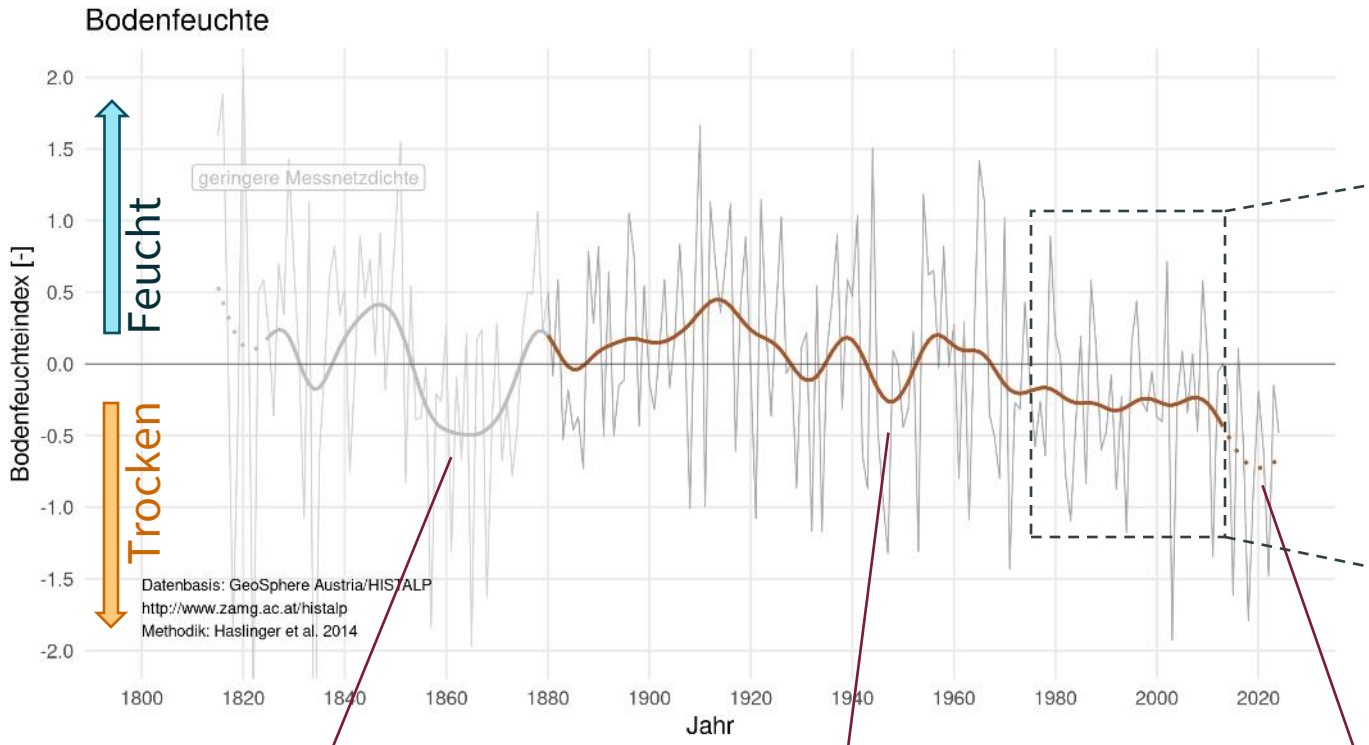


Feuchte Bedingungen

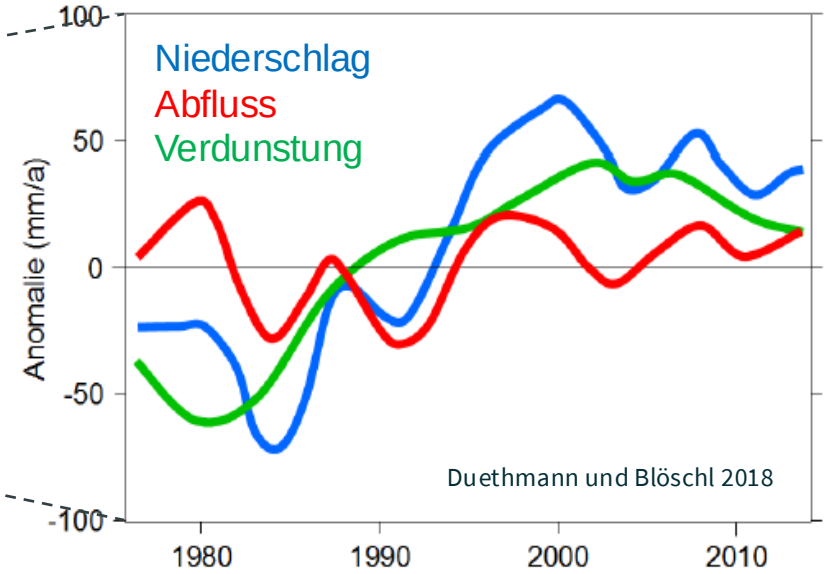


© GeoSphere Austria

Klimawandel in Österreich – Trockenheit



Änderung der Wasserbilanzgrößen



Dürredekaden

1860er Jahre: Letzte Vollständige Austrocknung des Neusiedler Sees

1940er Jahre: Extremes Niederwasser an der Donau

2010er Jahre (?): Rezente Dürrephase

- Langfristig zunehmender Trend der Verdunstung
- Gründe: Höhere Temperaturen, mehr Sonnenschein, längere Vegetationsperiode

© GeoSphere Austria

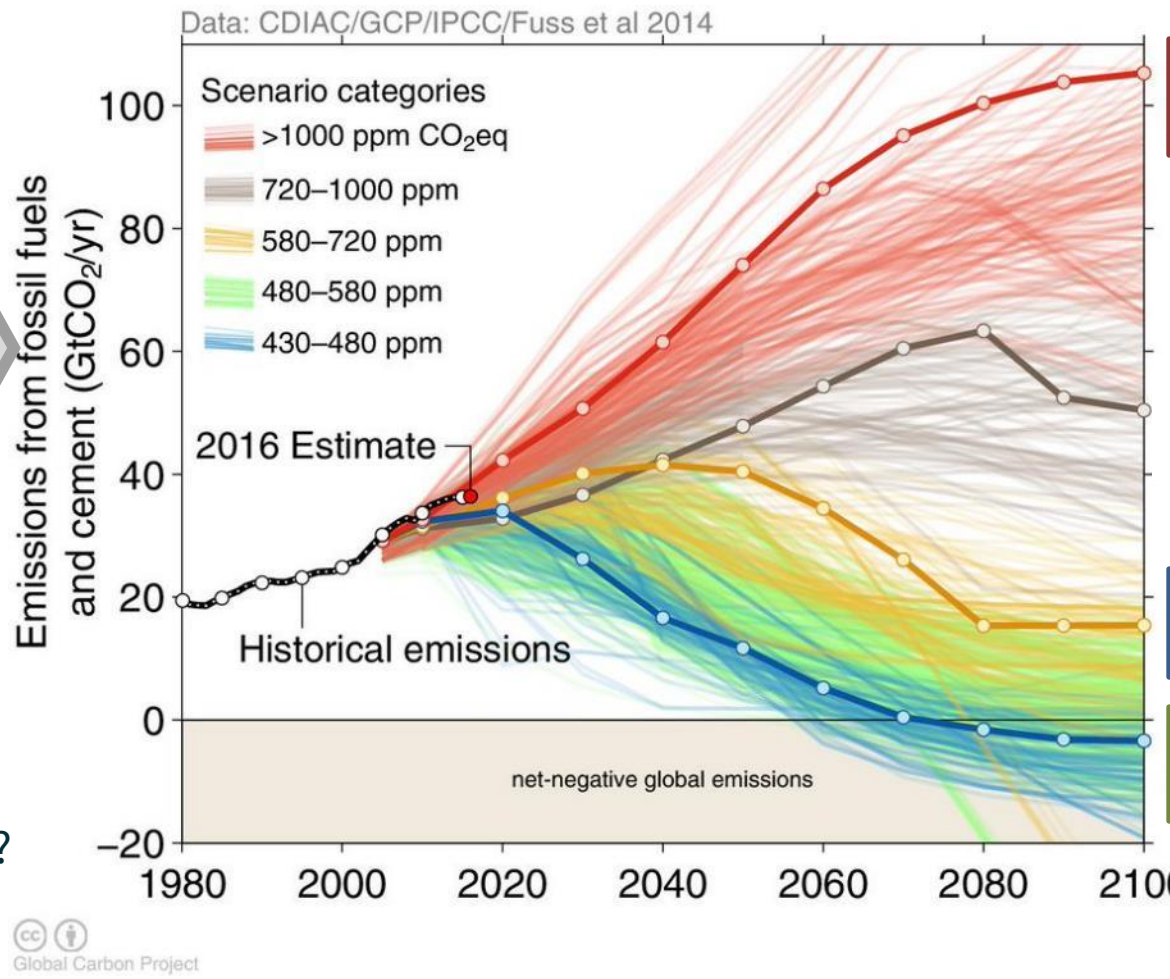
Wie wird sich das Klima in Zukunft entwickeln?

GeoSphere Austria

NASA / B. Medeiros

Emissionsszenarien

Sozioökonomische Entwicklung:
Globalisierung oder Regionalisierung?
Bevölkerungswachstum?
Anpassung und/oder Mitigation?
…



RCP8.5 „Worst Case“

RCP8.5

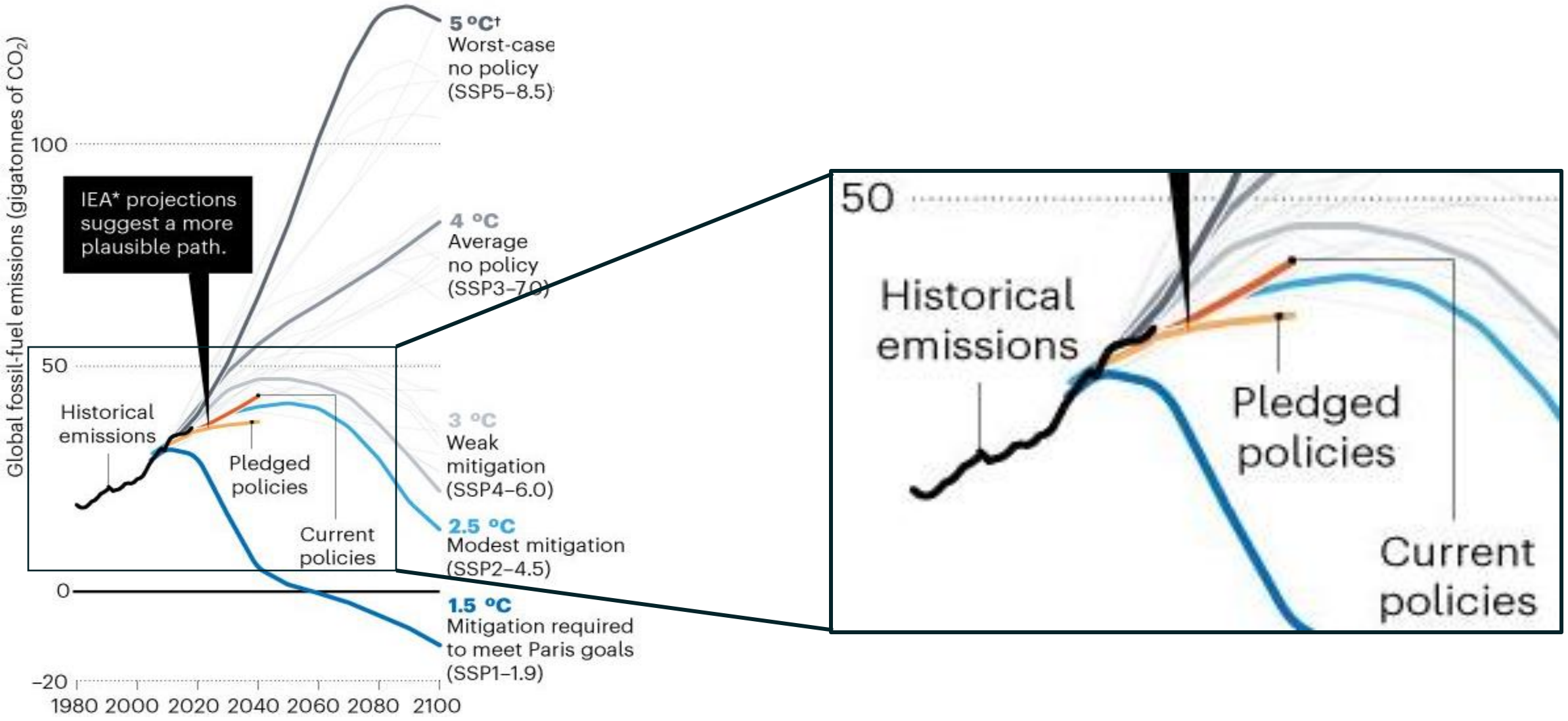
RCP4.5 Moderater Klimaschutz

RCP4.5

RCP2.6

RCP2.6 Pariser Abkommen

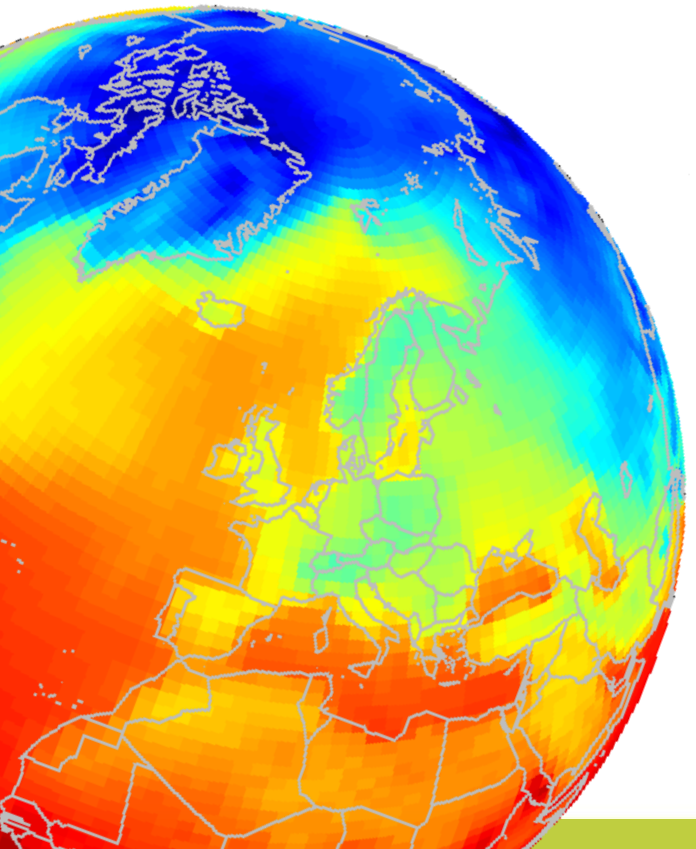
Emissionsszenarien

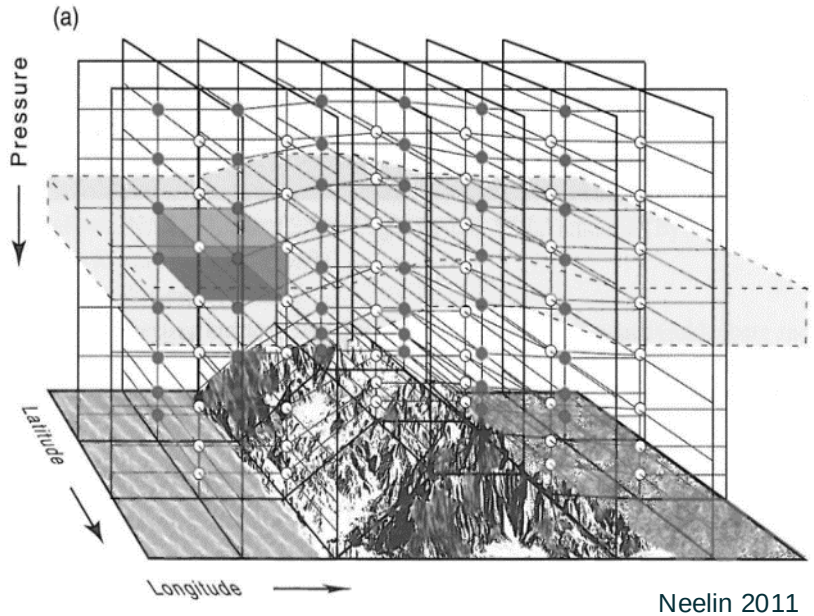


Hausfather and Peters 2020

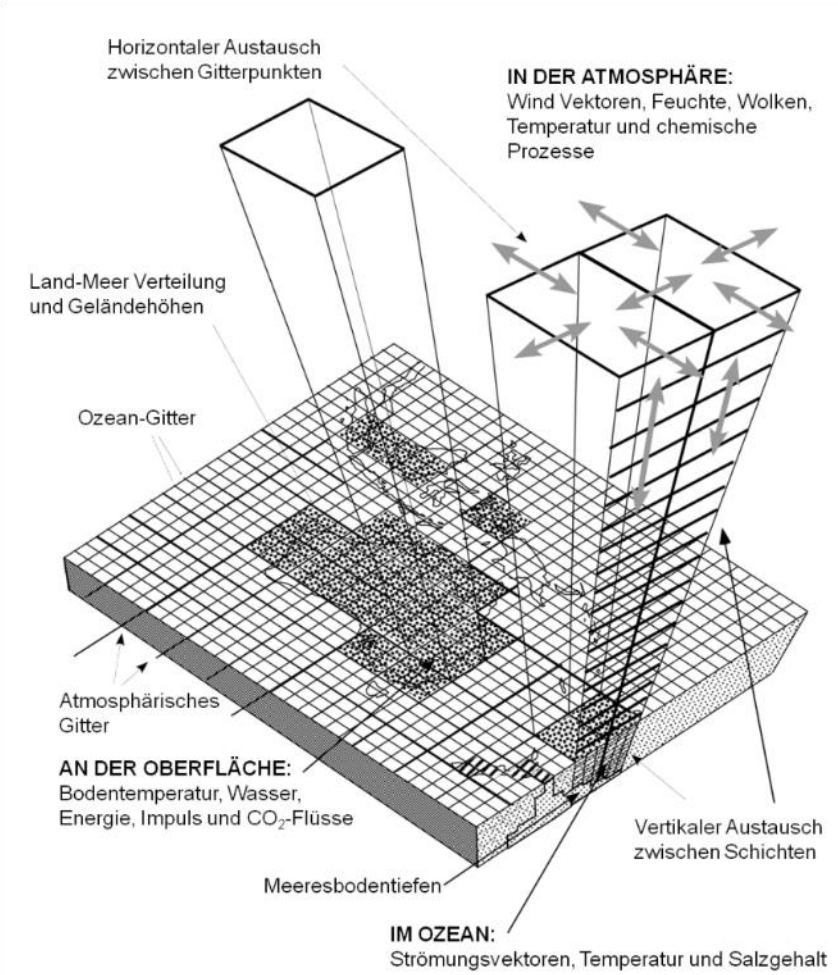
Klimaszenarien

- Klimamodelle berechnen atmosphärische Prozesse auf einer 3-dimensionalen Matrix
- Gitterweite derzeit: 200-100km, in Einzelfällen bis 25km; durch stetig steigende Computerleistung kontinuierliche Verringerung der Auflösung
- Gekoppelt mit Ozean-, Biosphären-, und Eisschildmodellen





Neelin 2011



McCuffie und Henderson-Sellers 2005

© GeoSphere Austria

Globale Klimawandelszenarien (IPCC 2021)

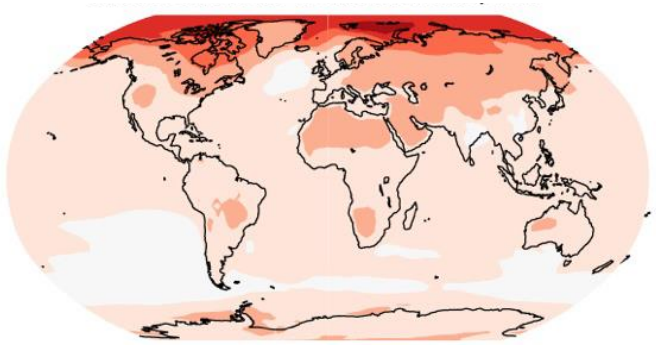
GeoSphere Austria

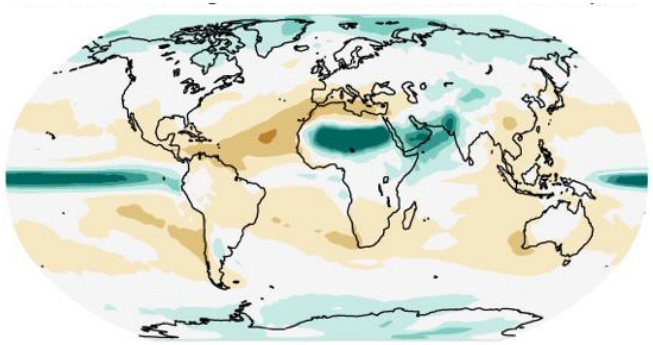
Temperatur

Niederschlag

„Pariser Abkommen“

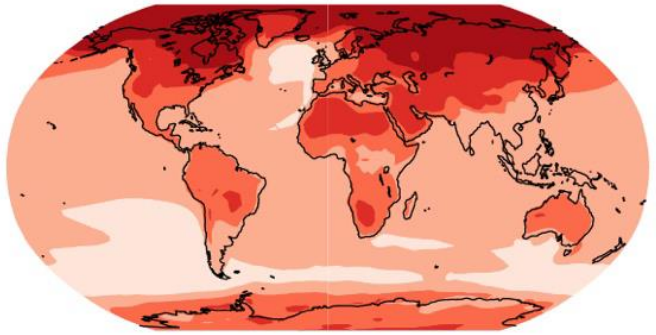
+1.5°C

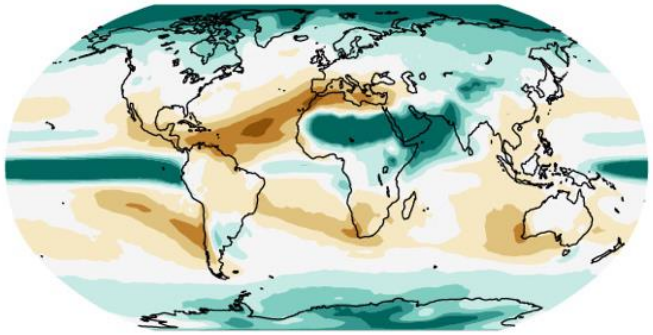


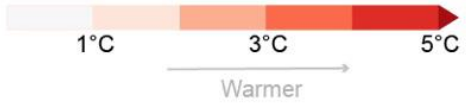


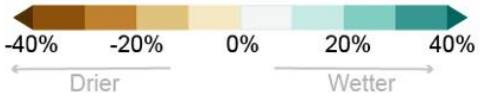
„Moderater Klimaschutz“

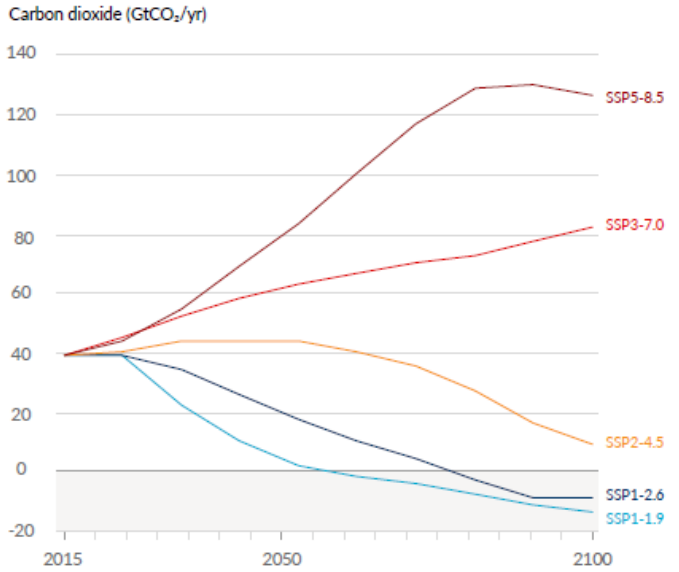
+3.0°C

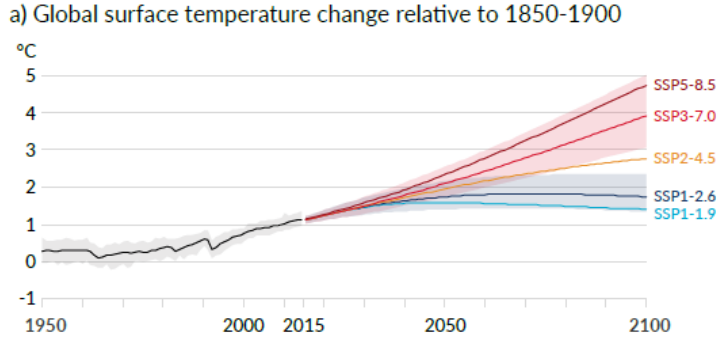






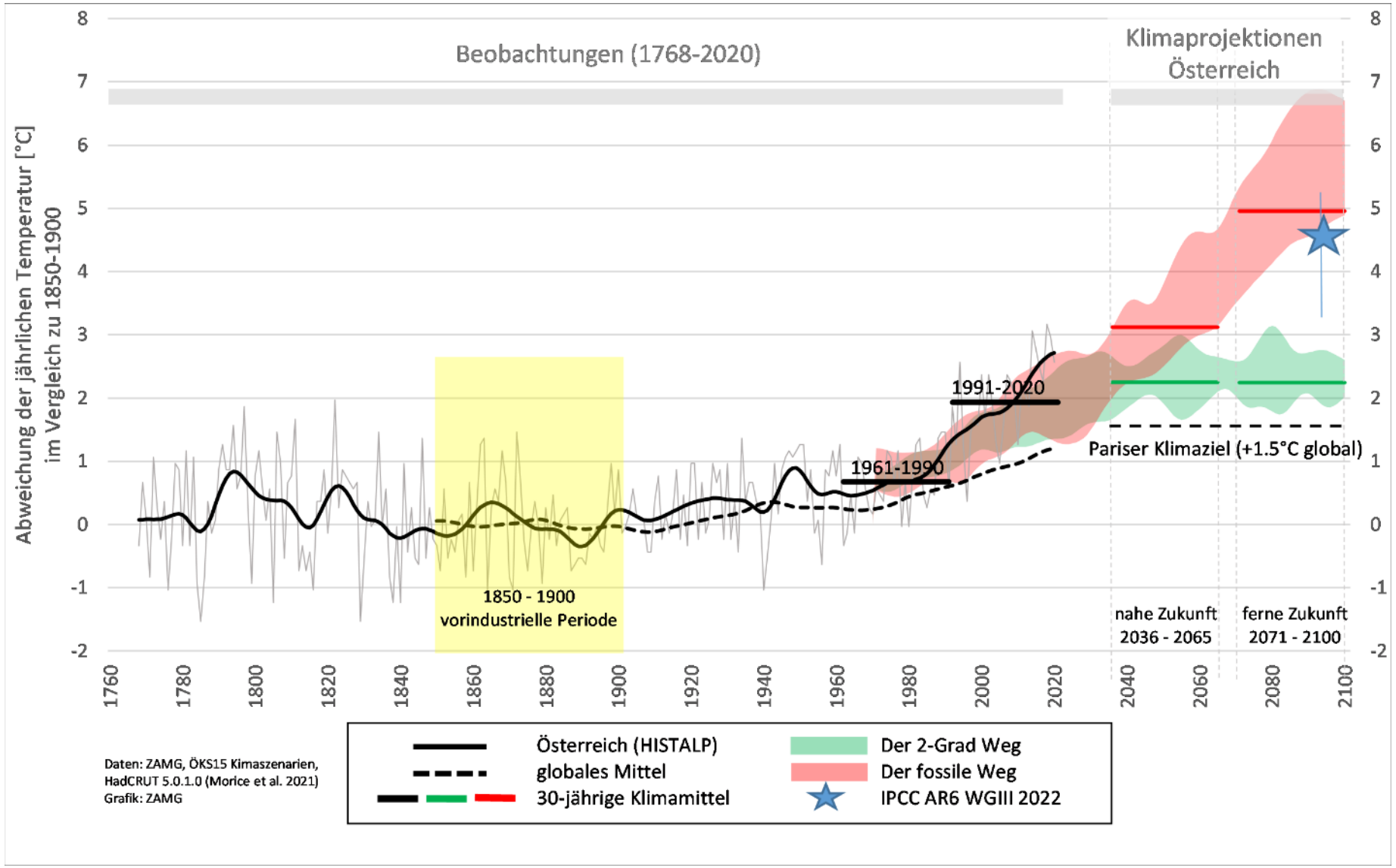






© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich – Temperaturentwicklung



„Worst Case“

Pariser Abkommen

© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Wien/Niederösterreich

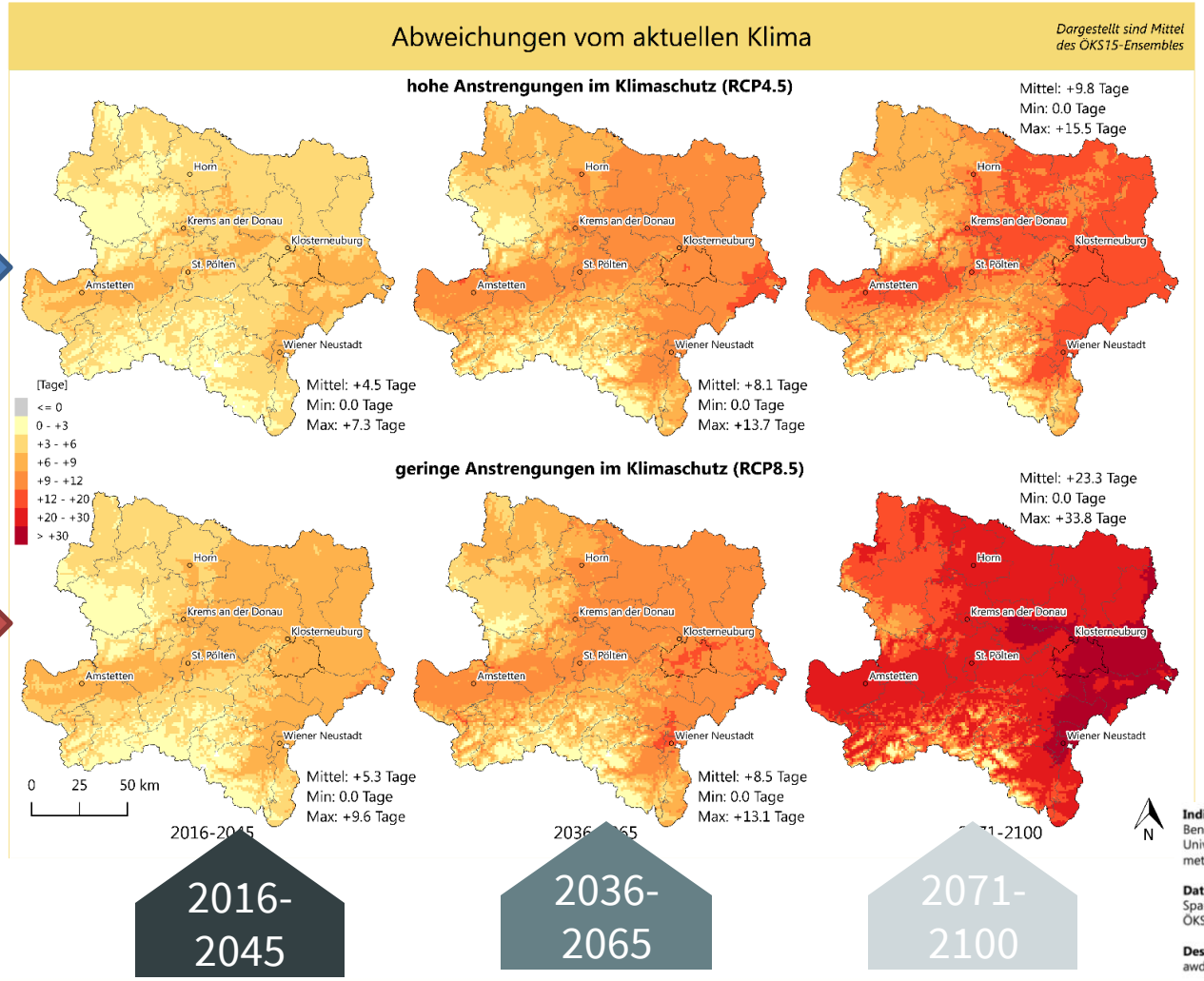
GeoSphere Austria

CLIMAMAP
Climate Change Impact Maps for Austrian Regions

Hitzetage

Moderater Klimaschutz

„Worst Case“



2016-2045

2036-2065

2071-2100

Indikatorberechnung und GIS-Bearbeitung
Benedikt Becsi, Johannes Laimighofer
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
meteorologie@boku.ac.at

Datenquellen
Spartacus (ZAMG, Hiebl et al. 2015) | Gpard (ZAMG, Hofstätter et al. 2016)
ÖKS15 (Uni Graz, Wegener Center, Leuprecht et al. 2016)

Design
awdesign.at

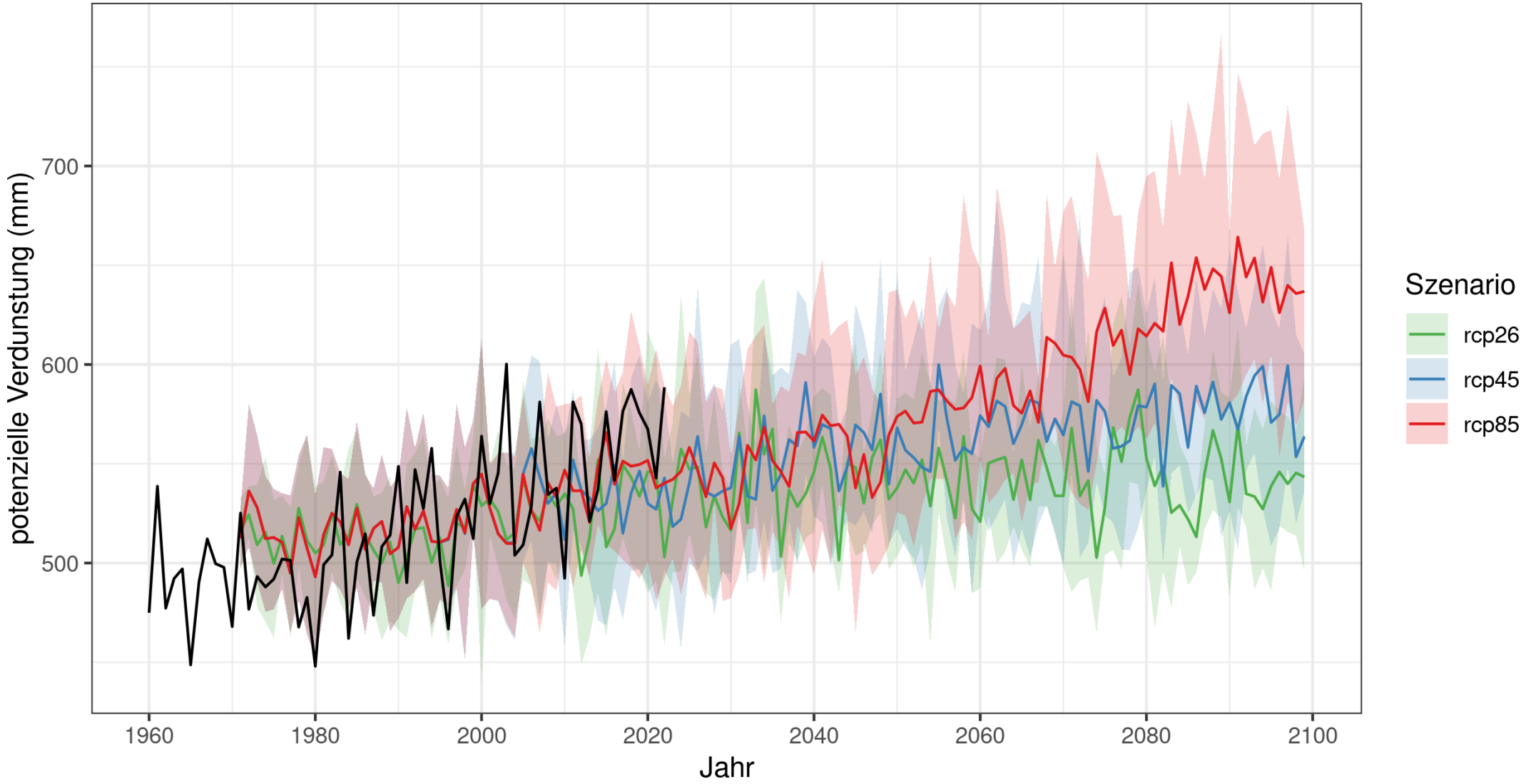
Alle Daten und Informationen sind unter **data.ccca.ac.at/climamap** frei verfügbar!

© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich – potenzielle Verdunstung

GeoSphere Austria

Jahressumme der potenziellen Verdunstung

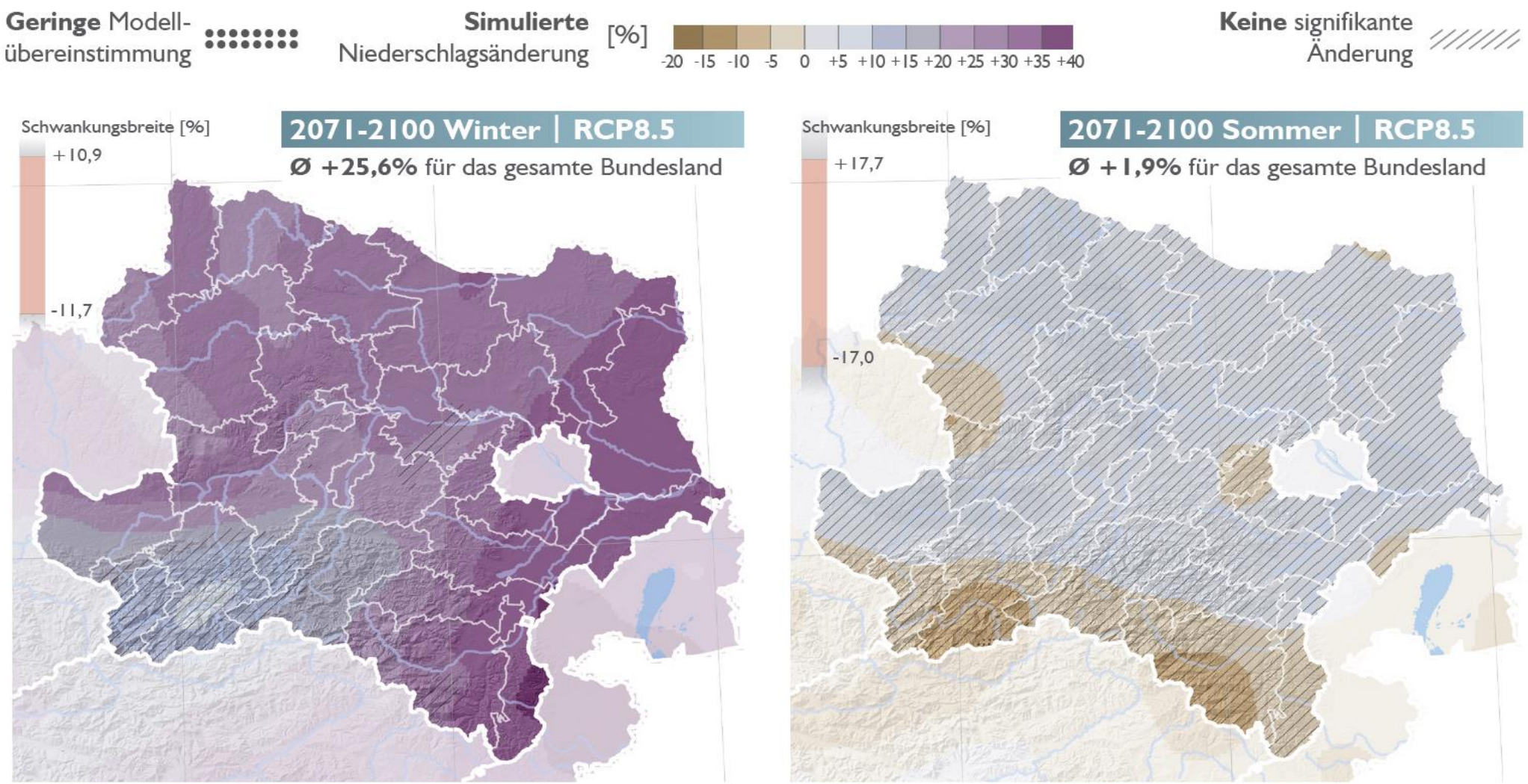


© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Wien/Niederösterreich

GeoSphere Austria

Niederschlagsänderung, „Worst Case“ Szenario



© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Wien/Niederösterreich

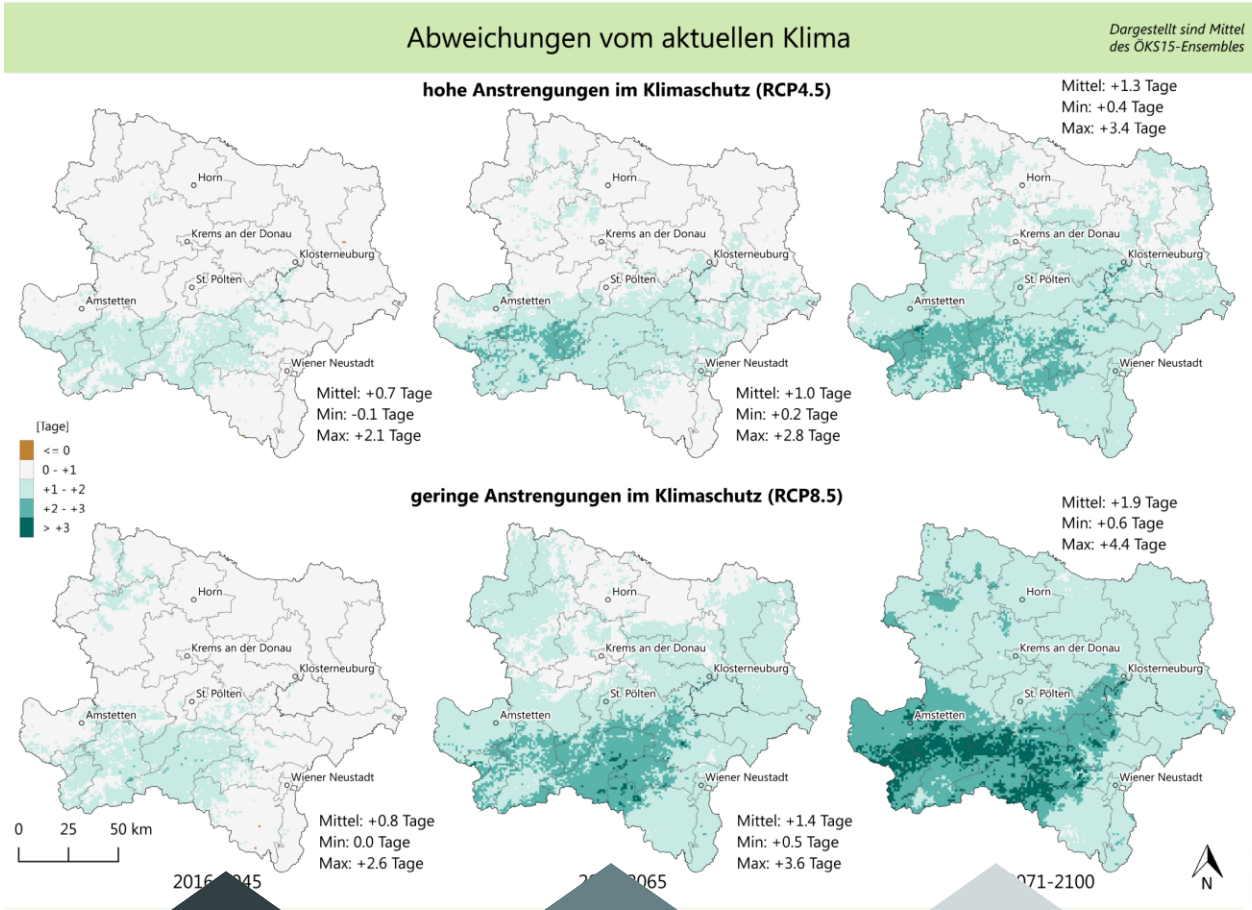
GeoSphere Austria

CLIMAMAP
Climate Change Impact Maps for Austrian Regions

Starkniederschlag

Moderater Klimaschutz

„Worst Case“



2016-2045

2036-2065

2071-2100

Indikatorberechnung und GIS-Bearbeitung
Benedikt Becsi, Johannes Laimighofer
Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
meteorologie@boku.ac.at

Datenquellen
Spartacus (ZAMG, Hiebl et al. 2015) | Gpard (ZAMG, Hofstätter et al. 2016)
ÖKS15 (Uni Graz, Wegener Center, Leuprecht et al. 2016)

Design
awdesign.at

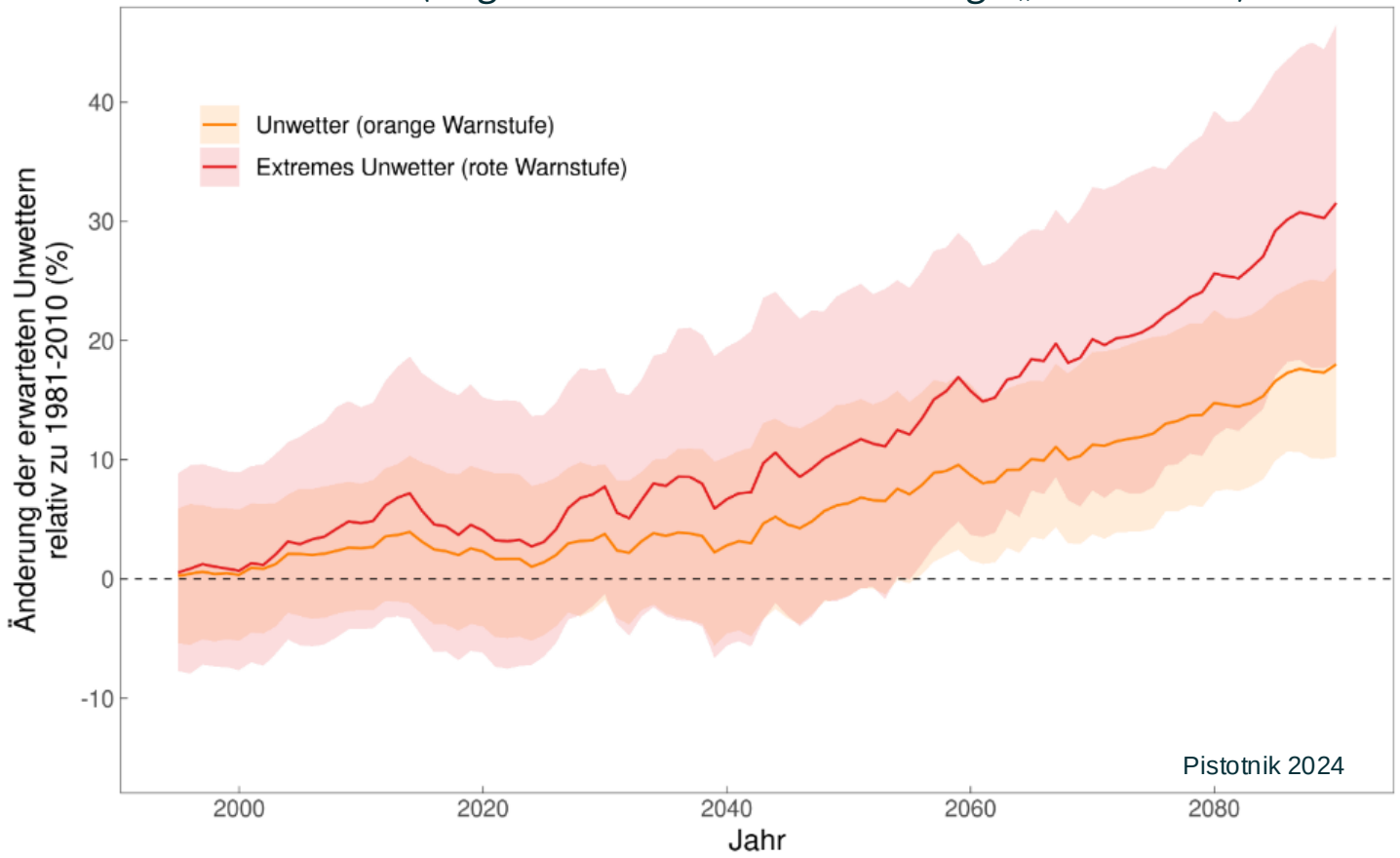
Alle Daten und Informationen sind unter **data.ccca.ac.at/climamap** frei verfügbar!

© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich

- Kleinräumige Unwetter (Gewitter, Hagel, Sturmböen)

Szenario RCP8.5 (ungebremster Emissionsanstieg - „worst case“)

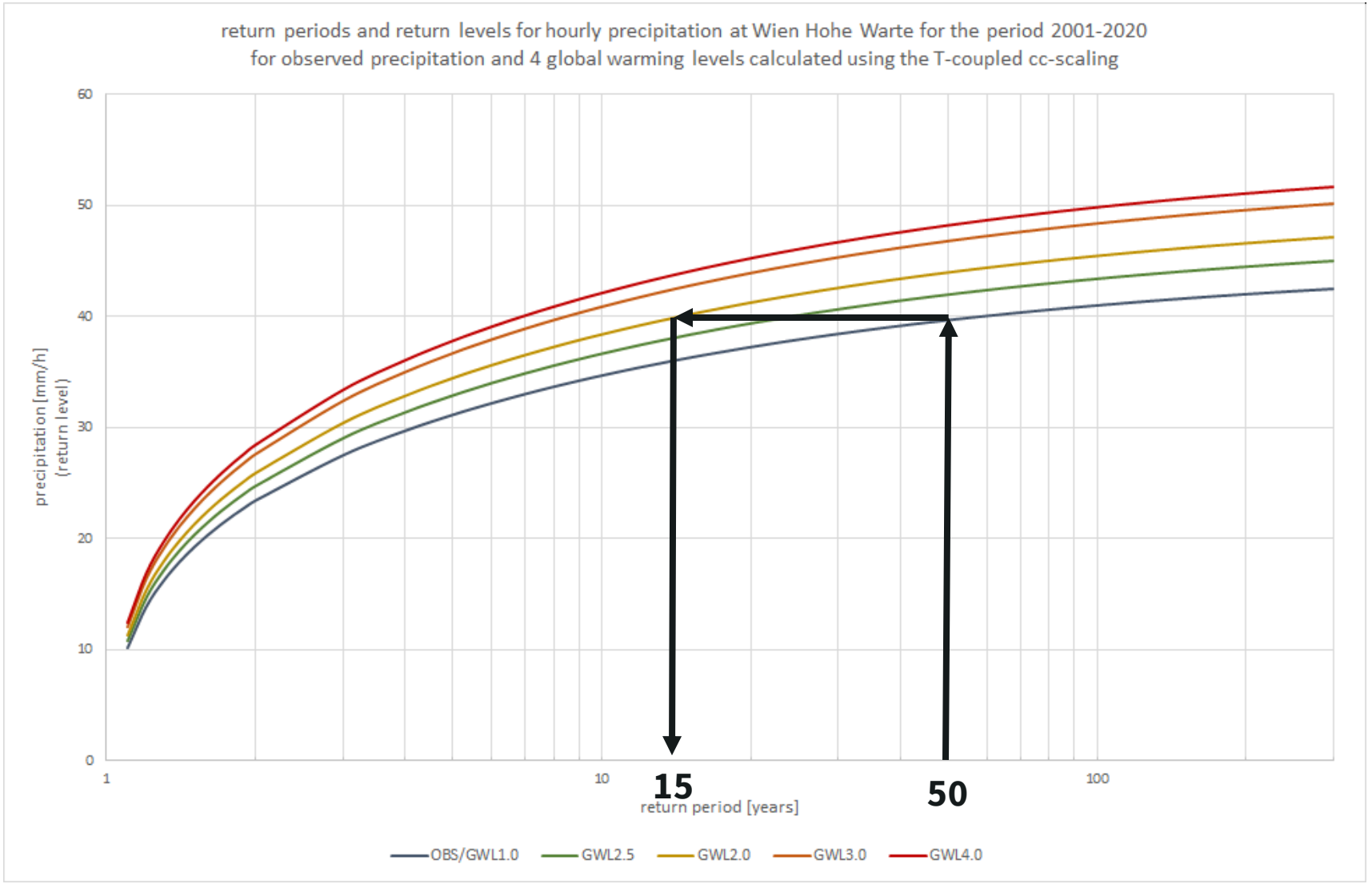


In Zukunft wird die Anzahl an Tagen mit Unwetterpotenzial durch konvektive Ereignisse (Gewitter, Hagel, Sturmböen) mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen.

© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich

- Extremniederschläge - Jährlichkeiten

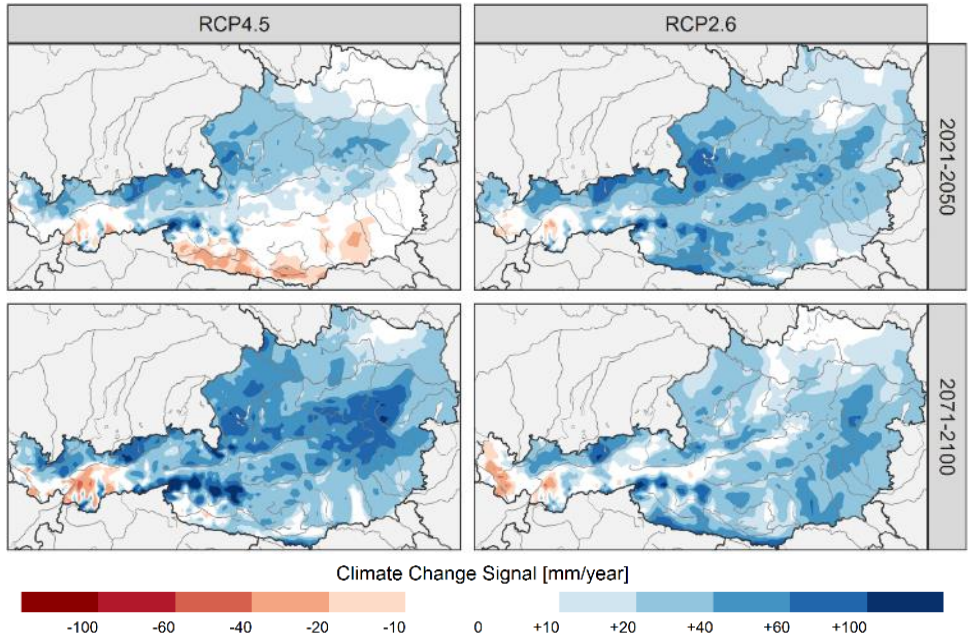


© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich – Dürreereignisse

Auswertung der ÖKS15 Klimaszenarien

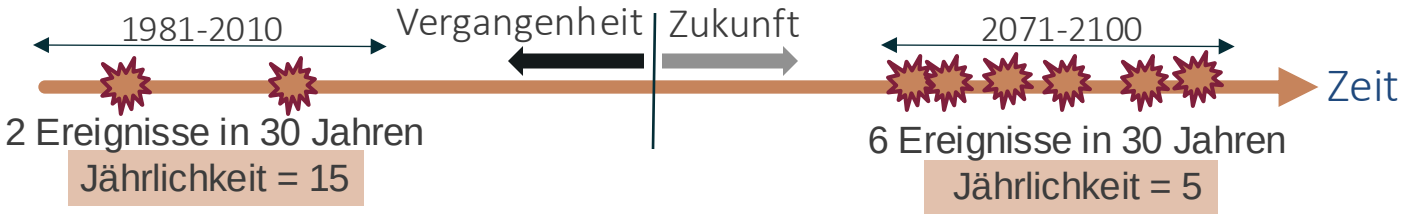
Änderung der mittleren klimatischen Wasserbilanz als Indikator für die Bodenfeuchte

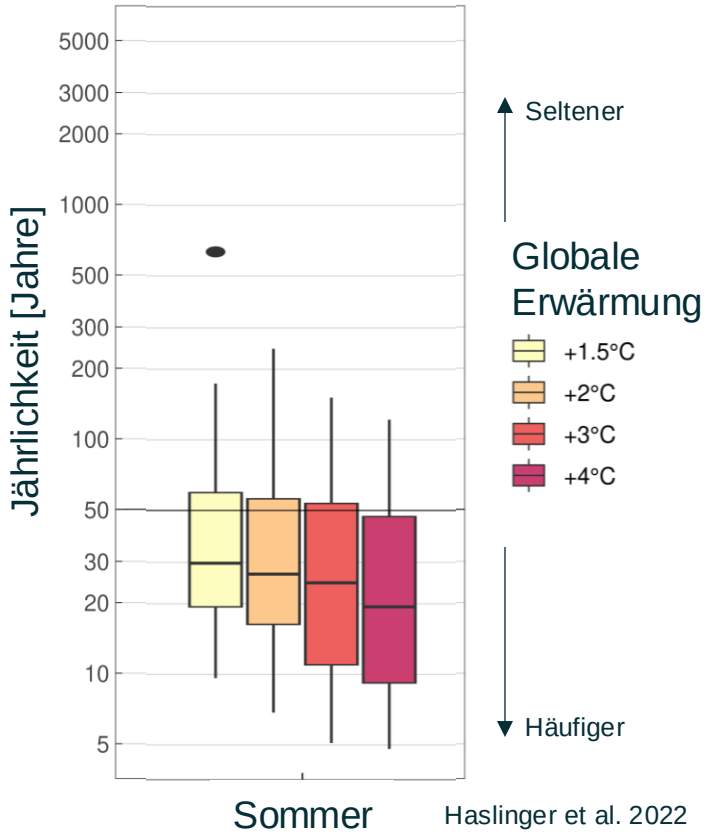


Haslinger et al. 2022

- Im Jahresmittel positives Änderungssignal der klimatischen Wasserbilanz → feuchtere Bedingungen

Änderungen in der Häufigkeit extremer Dürreereignisse





Haslinger et al. 2022

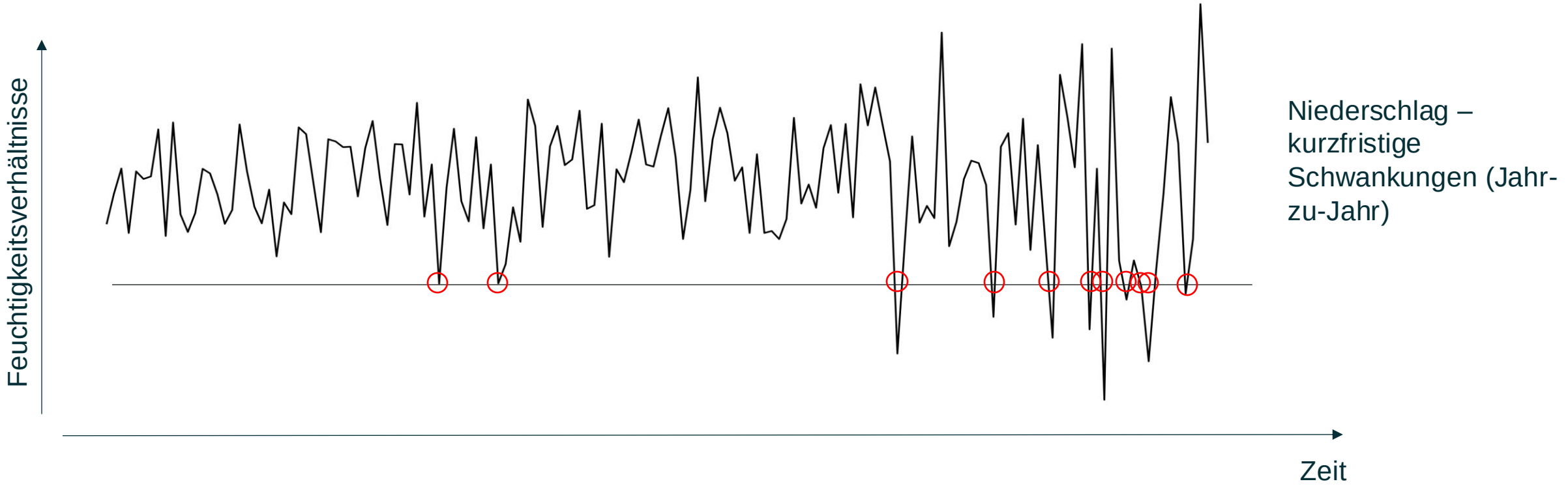
Jährlichkeit für ein 50-jähriges Ereignis sinkt auf 30-20 Jahre

→ Ereignisse dieser Stärke werden häufiger

© GeoSphere Austria

Klimaszenarien für Österreich – zukünftige Dürreereignisse

Das Risiko für Dürre nimmt in Zukunft zu – warum?



Das Klima in Mitteleuropa wird mit Fortschreiten des Klimawandels „variabler“

© GeoSphere Austria

Fazit für die Zukunft

Temperatur:

Weiterer Anstieg, Zunahme an Hitzetagen, Verlängerung der Vegetationsperiode

Jahresniederschlag:

Wenig Änderung, eher leichte Zunahme

Starkniederschlag :

Weitere Zunahme, physikalischer Zusammenhang mit Lufttemperatur

Verdunstung:

Weitere Zunahme, bedingt durch Temperaturanstieg, Verlängerung der Vegetationsperiode

Generell gilt:

Das (Niederschlags)Klima wird zunehmend „variabler“,

Ausreißer nach oben und unten werden größer!

© GeoSphere Austria

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Klimasystem und Klimafolgen
Klaus Haslinger
klaus.haslinger@geosphere.at