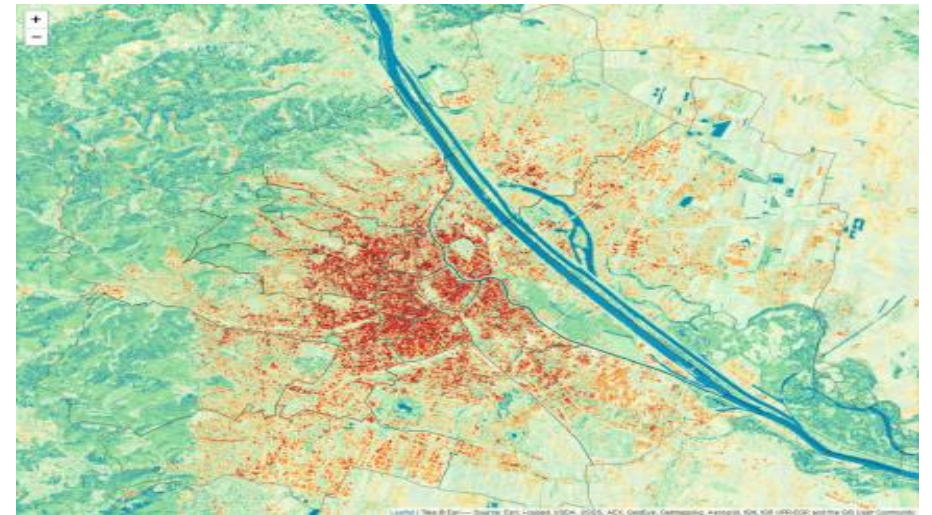


Klimawandel – Worauf kann/muss man sich noch einstellen?

in Österreich und im Speziellen in Vorarlberg

GeoSphere Austria
Regionalstelle für Tirol und Vorarlberg

Dr. Johannes Vergeiner
johannes.vergeiner@geosphere.at



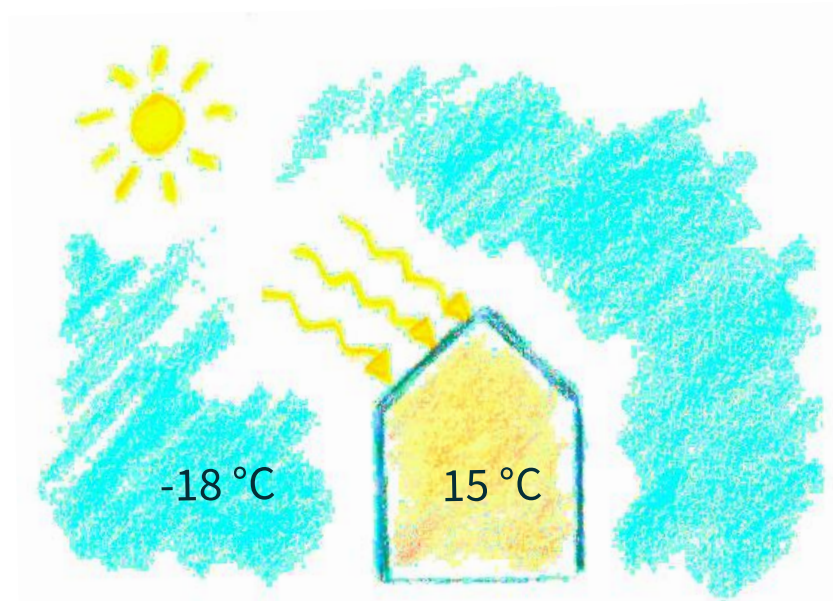
Modellierung Oberflächentemperatur in Wien (GeoSphere Austria)

ASDR-Naturgefahrenntagung, 6. – 8. 10. 2025
Session1 – Naturgefahren in Zeiten des Klimawandels

- **Globaler** Kontext des Klimawandels und seine Ursachen (in aller Kürze)
- Klimaveränderung **in den Alpen**
 - Bereits beobachtete Veränderungen: Temperatur, Niederschlag, Schnee
 - Für die Zukunft prognostizierte Veränderungen
 - Regionale/ lokale Auswirkungen des Klimawandels

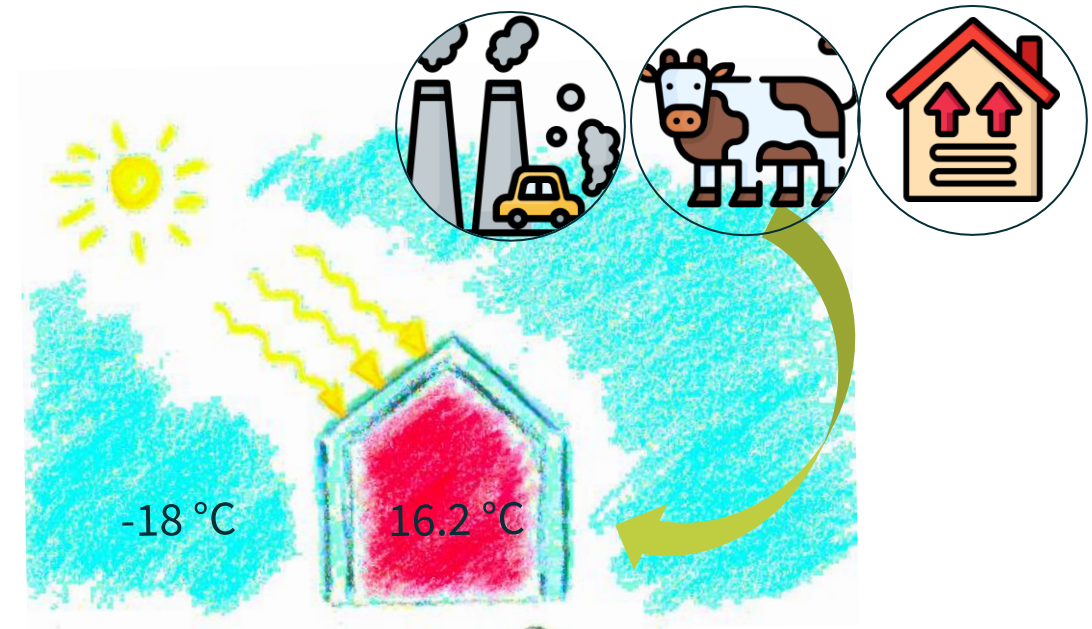
VORHER

= OHNE menschlichen Einfluss



NACHHER

= MIT menschlichem Einfluss



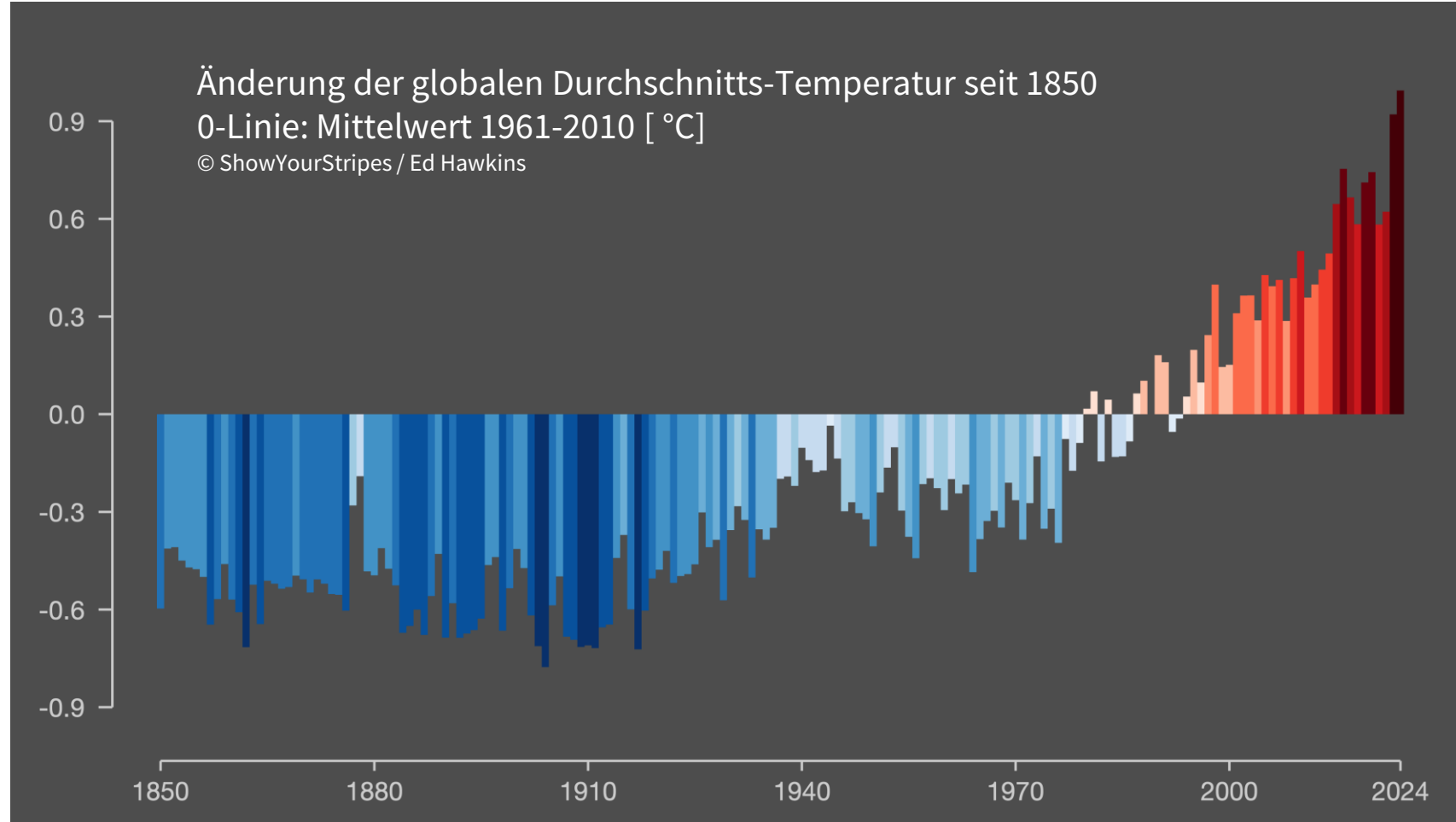
Rahmen: menschengemachte Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes

Treibhausgase wirken in Atmosphäre wie **Glas eines Gewächshauses**

Sonnenlicht kann herein.

Wärme bleibt drinnen. Je dicker das Glas, desto besser die Isolierung.

Hauptsignal des Klimawandels: Globaler Temperaturanstieg



Der derzeitige Temperaturanstieg ist **GLOBAL** (im Gegensatz z.B. zur mittelalterlichen Warmphase 950-1250 n.Chr.) und viel **SCHNELLER** als in früheren Erwärmungsphasen (ca. 100 mal schneller als beim Übergang der letzten Eiszeit zum jetzigen Interglazial)

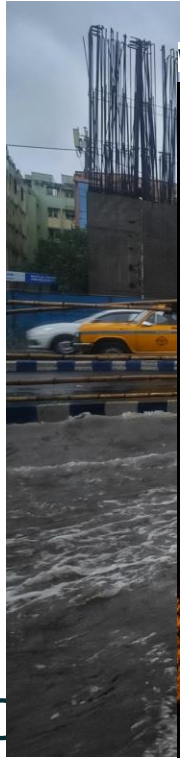
Globaler Klimawandel: Auswirkungen der aktuellen Erwärmung

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)



Globaler Klimawandel: Auswirkungen der aktuellen Erwärmung

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)

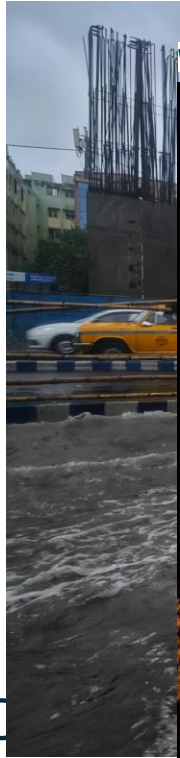


Waldbrände (@Egor Vikhrev, unsplash.com)



Globaler Klimawandel: Auswirkungen der aktuellen Erwärmung

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)



Waldbrände (@Egor Vikhrev, unsplash.com)

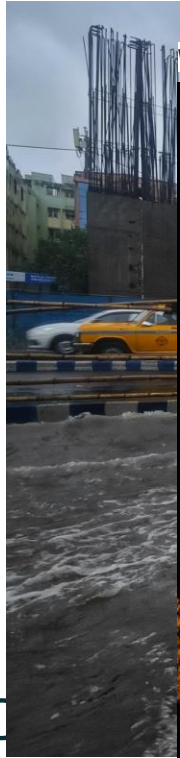


Tauender Permafrost in Alaska (Quelle: NASA, wiki.bildungsserver.de)

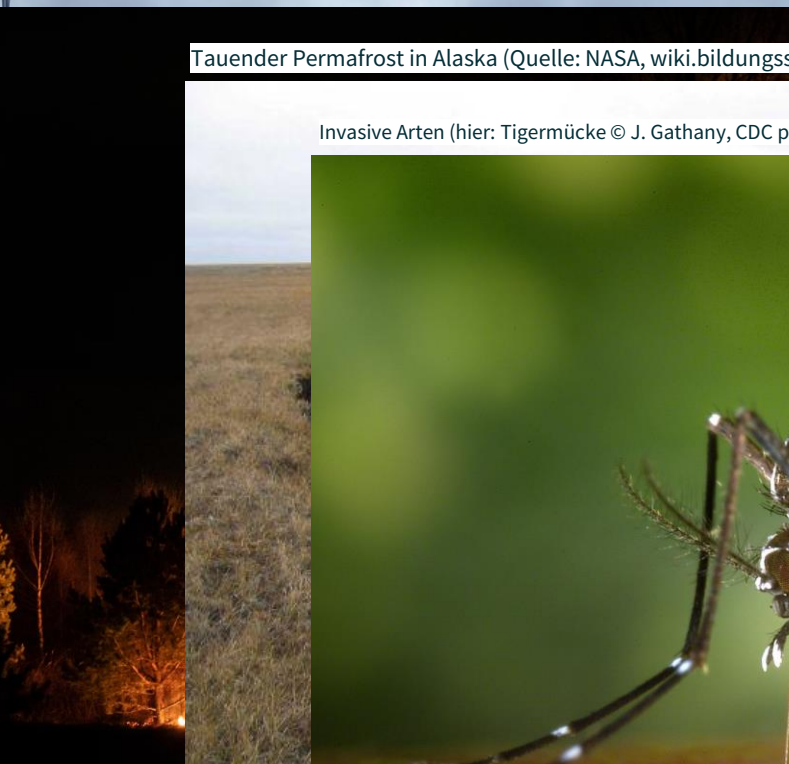


Globaler Klimawandel: Auswirkungen der aktuellen Erwärmung

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)



Waldbrände (@Egor Vikhrev, unsplash.com)



Tauender Permafrost in Alaska (Quelle: NASA, wiki.bildungsserver.de)

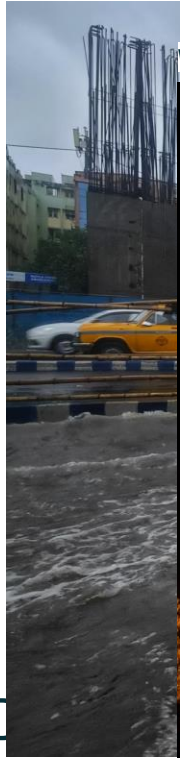


Invasive Arten (hier: Tigermücke © J. Gathany, CDC public domain via Wikimedia Commons)



Globaler Klimawandel: Auswirkungen der aktuellen Erwärmung

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)



Waldbrände (@Egor Vikhrev, unsplash.com)



Tauender Permafrost in Alaska (Quelle: NASA, wiki.bildungsserver.de)



Invasive Arten (hier: Tigermücke © J. Gathany, CDC public domain via Wikimedia Commons)



Dürren (hier Burkina Faso, © Adaman Yoda, unsplash.com)

Meeresspiegelanstieg (© Dibakar Roy, unsplash.com)

Waldbrände (@Egor Vikhrev, unsplash.com)

Tauender Permafrost in Alaska (Quelle: NASA, wiki.bildungsserver.de)

Invasive Arten (hier: Tigermücke © J. Gathany, CDC public domain via Wikimedia Commons)

Dürren (hier Burkina Faso, © Adaman Yoda, unsplash.com)

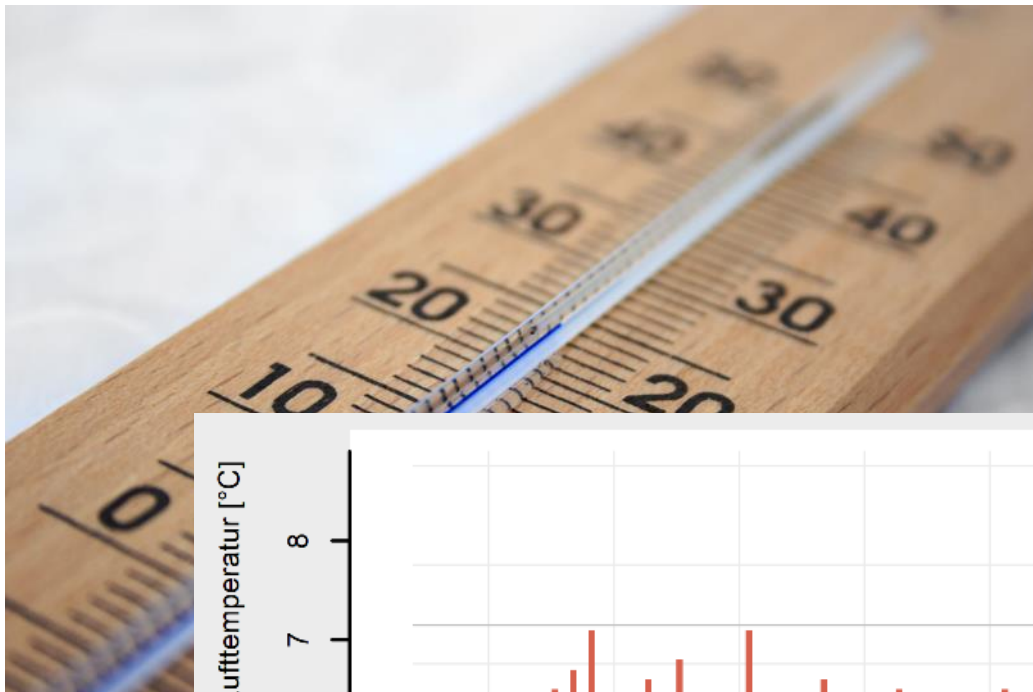
In den letzten Jahrzehnten mehren sich Wetterextreme, die über die „normale“ Häufigkeit bzw. Bandbreite hinausgehen.

Weitere Anzeichen für die globale Erwärmung sind das Abschmelzen der großen Eisschilde, verstärktes Artensterben, Übersäuerung der Meere, Korallenbleiche





Bereits beobachtete Klimaveränderungen



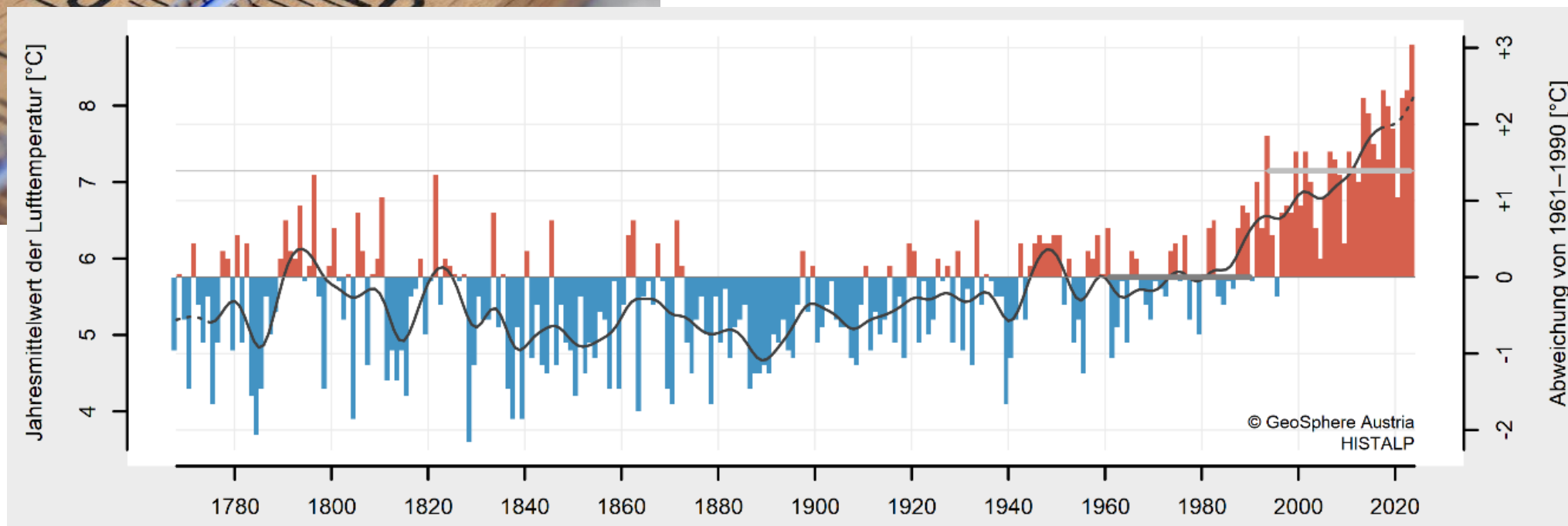
1961-1990

5,8 °C

1991-2020

7,0 °C

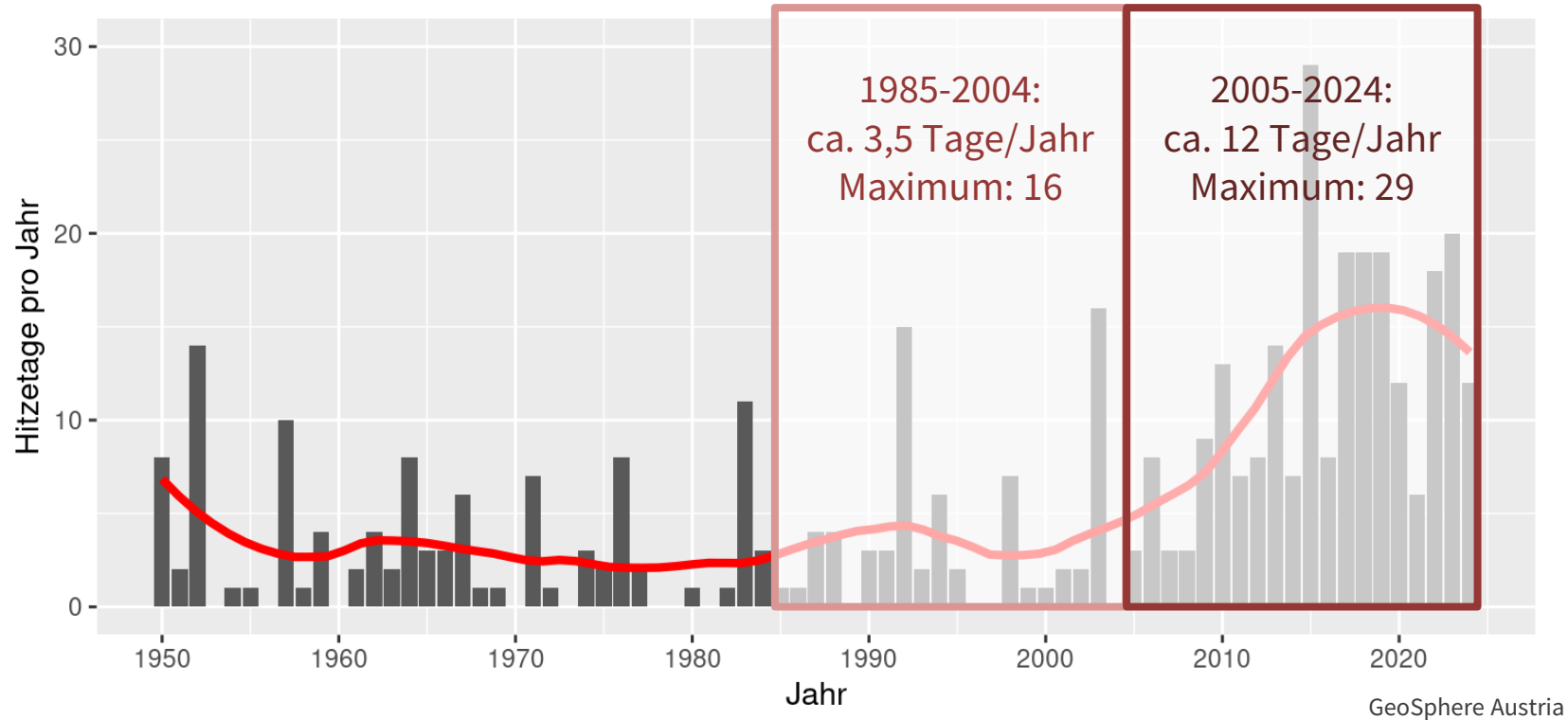
+1,2 °C
= 0,4 °C pro Jahrzehnt (!)



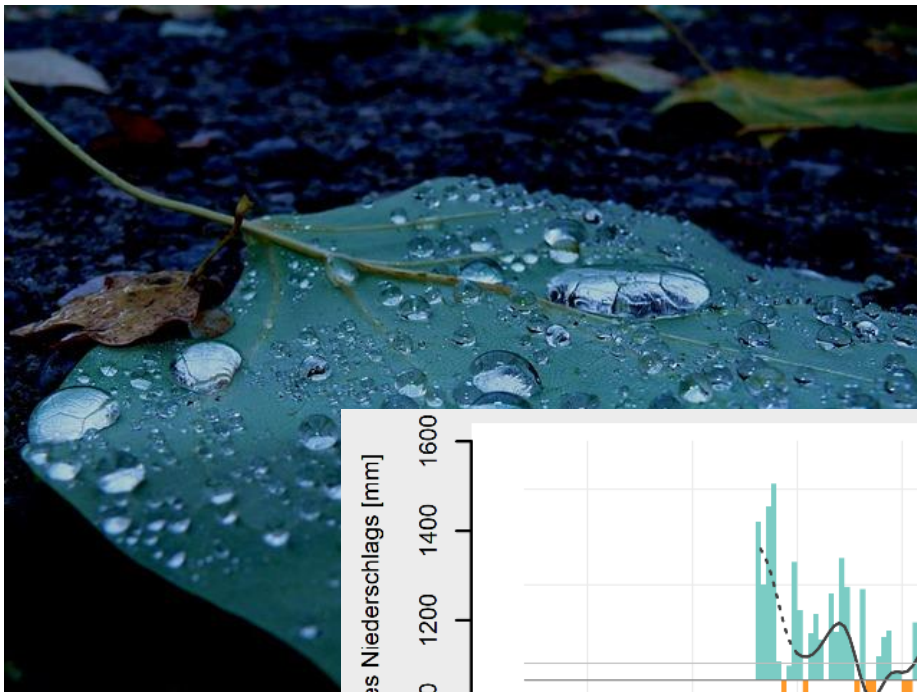
→ ***Wird im Keynote-Vortrag von Bernhard Niedermoser in Session 2 Hitze und Auswirkungen thematisiert.***



Anzahl der Hitzetage (Höchsttemperatur > 30°C) in Bregenz



- Starke Zunahme
- Warme Extreme zeigen stärkere Veränderung als kalte Extreme



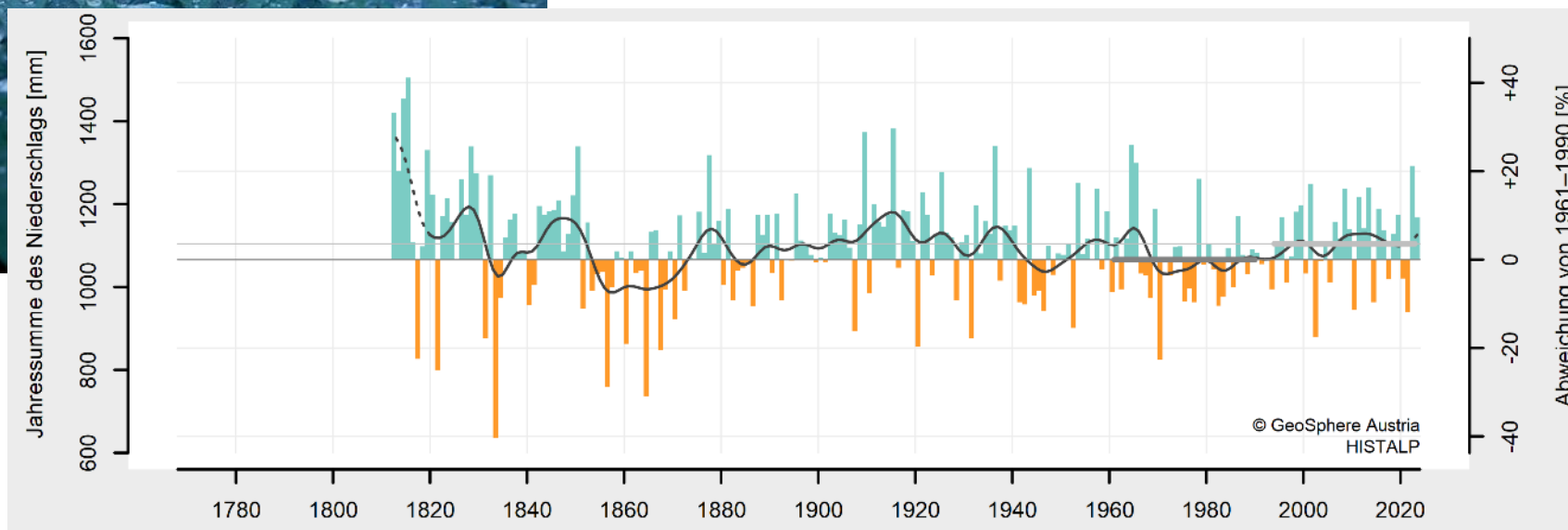
1961-1990

1067 mm

1991-2020

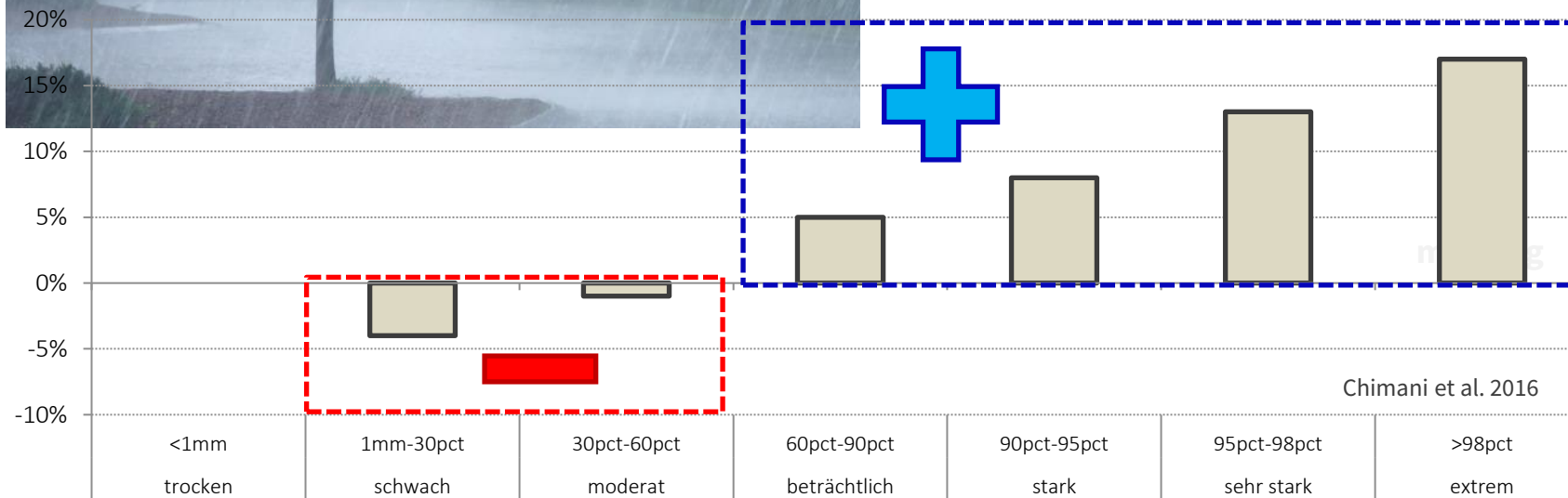
1103 mm

+36 mm



- österreichweit kein sign. Trend
- große Schwankungen von Jahr zu Jahr

Tagesniederschlagssummen: Häufigkeit und Menge

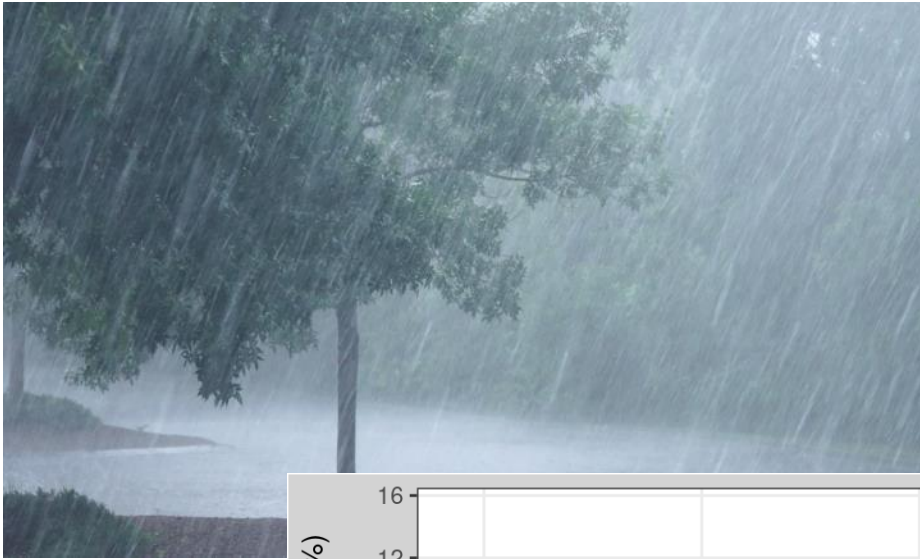


1961-1990	1991-2020
44 mm	47 mm
+3 mm = +6,5 %	

Schwache bis Moderate
Tagesniederschlagssummen

Beträchtliche bis Extreme
Tagesniederschlagssummen

Stundenniederschlagssummen:



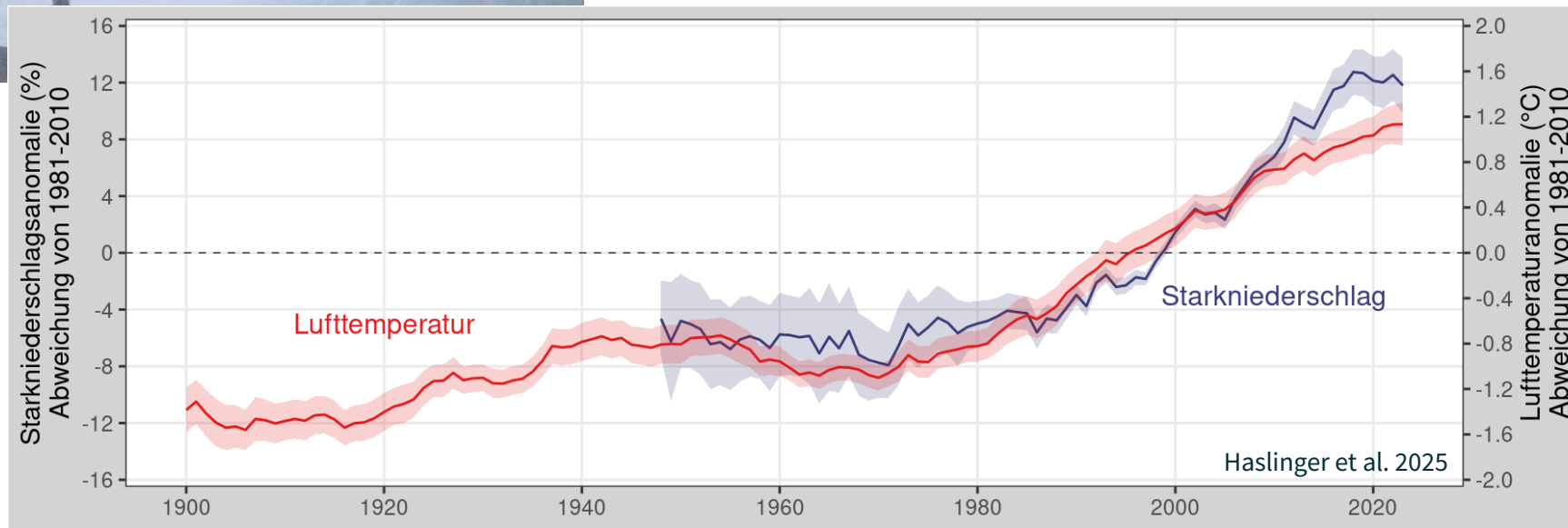
1961-1990

8,9 mm

1991-2020

10,2 mm

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



Stundenniederschlagssummen:



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

1961-1990	1991-2020
8,9 mm	10,2 mm
+1,3 mm = +15 %(!)	

Zunahme alpiner Naturgefahren durch die verstärkten Starkniederschläge

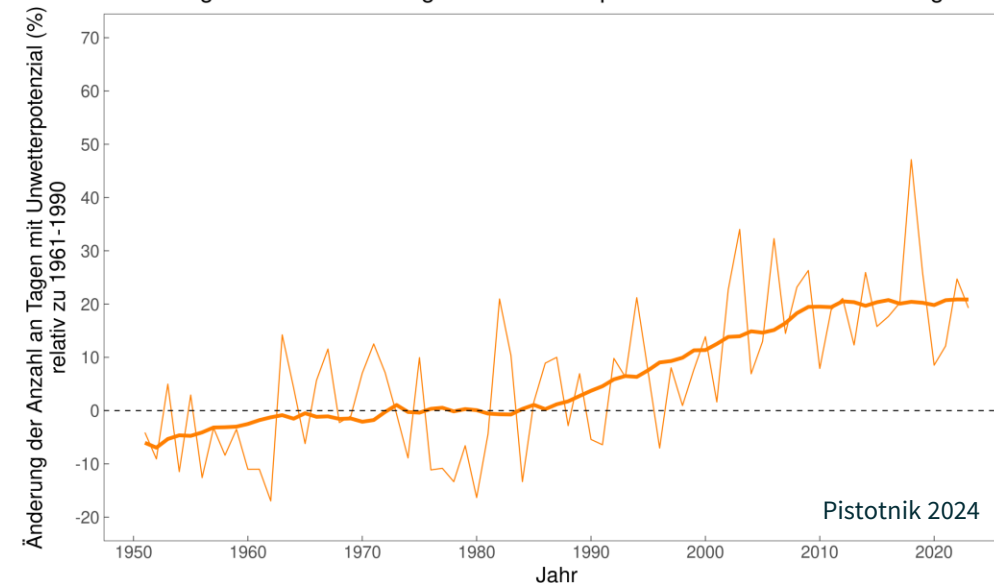
➔ Vermehrt Vermurungen, Verklausungen, kleinräumige Überschwemmungen

Tage mit Unwetterpotenzial

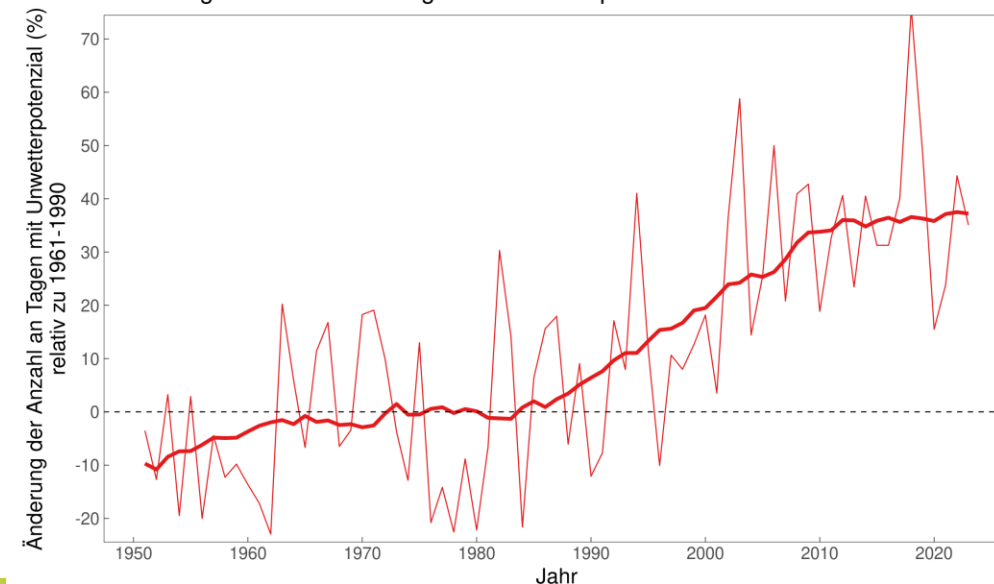
→ Verschneidung von Feuerwehr-Einsatzdaten und Atmosphärischen Daten zur Gewitterbildung

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.

Änderung der Anzahl der Tage mit Unwetterpotenzial der Warnstufe Orange



Änderung der Anzahl der Tage mit Unwetterpotenzial der Warnstufe Rot



Tage mit Unwetterpotenzial

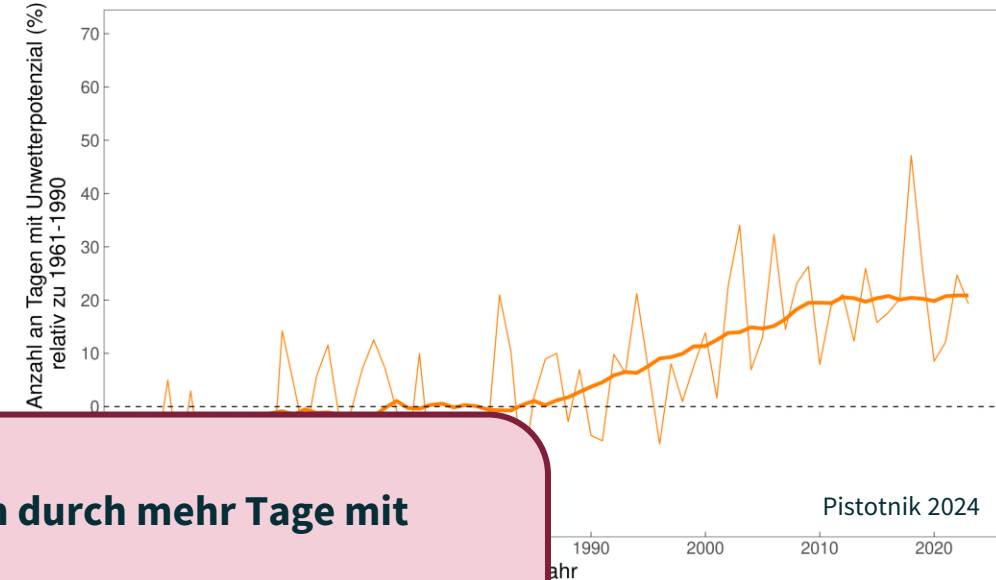
→ Verschneidung von Feuerwehr-Einsatzdaten und Atmosphärischen Daten zur Gewitterbildung

Intensitätsstufe	Bezeichnung	Interpretation für die Allgemeinheit und für Einsatzkräfte
Gelb	Markantes Wetter	• Eine Anpassung notwendig. • Aktivitäten von Arbeiten und wenige neuere
Orange	Unwetter	• Schäden treten • Die lokal zuständige 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.

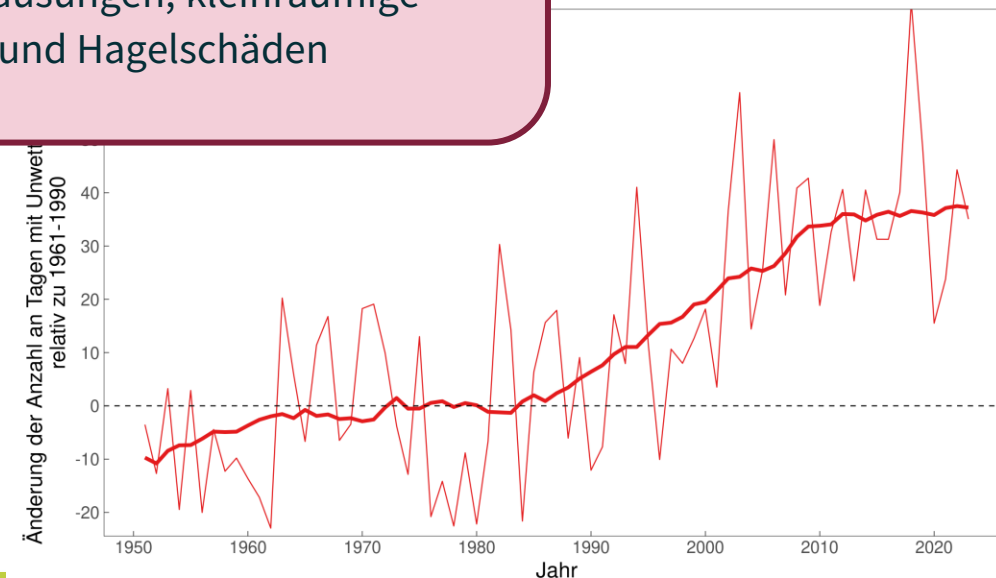
Zunahme alpiner Naturgefahren durch mehr Tage mit Unwetterpotenzial

→ Vermehrt Vermurungen, Verklausungen, kleinräumige Überschwemmungen, Sturm- und Hagelschäden

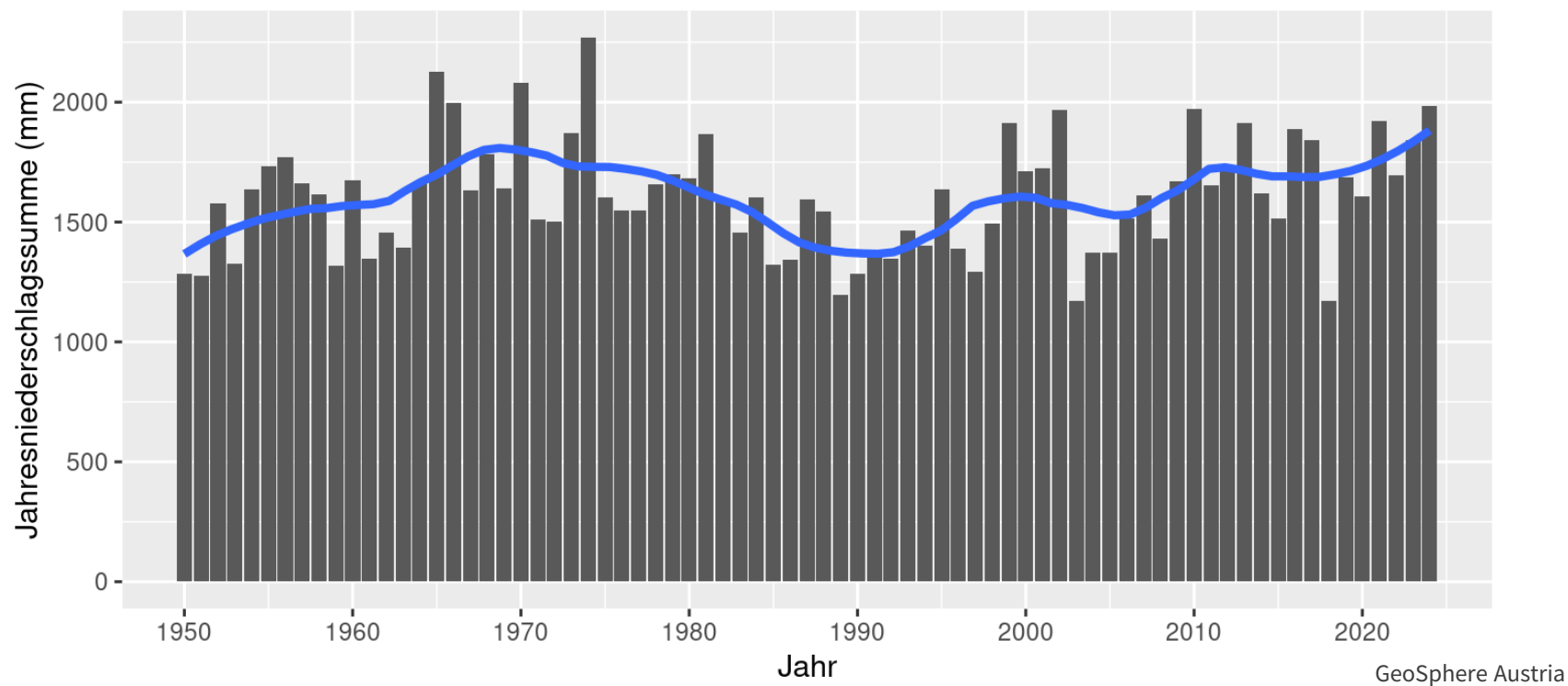
Änderung der Anzahl der Tage mit Unwetterpotenzial der Warnstufe Orange



Änderung der Anzahl der Tage mit Unwetterpotenzial der Warnstufe Rot

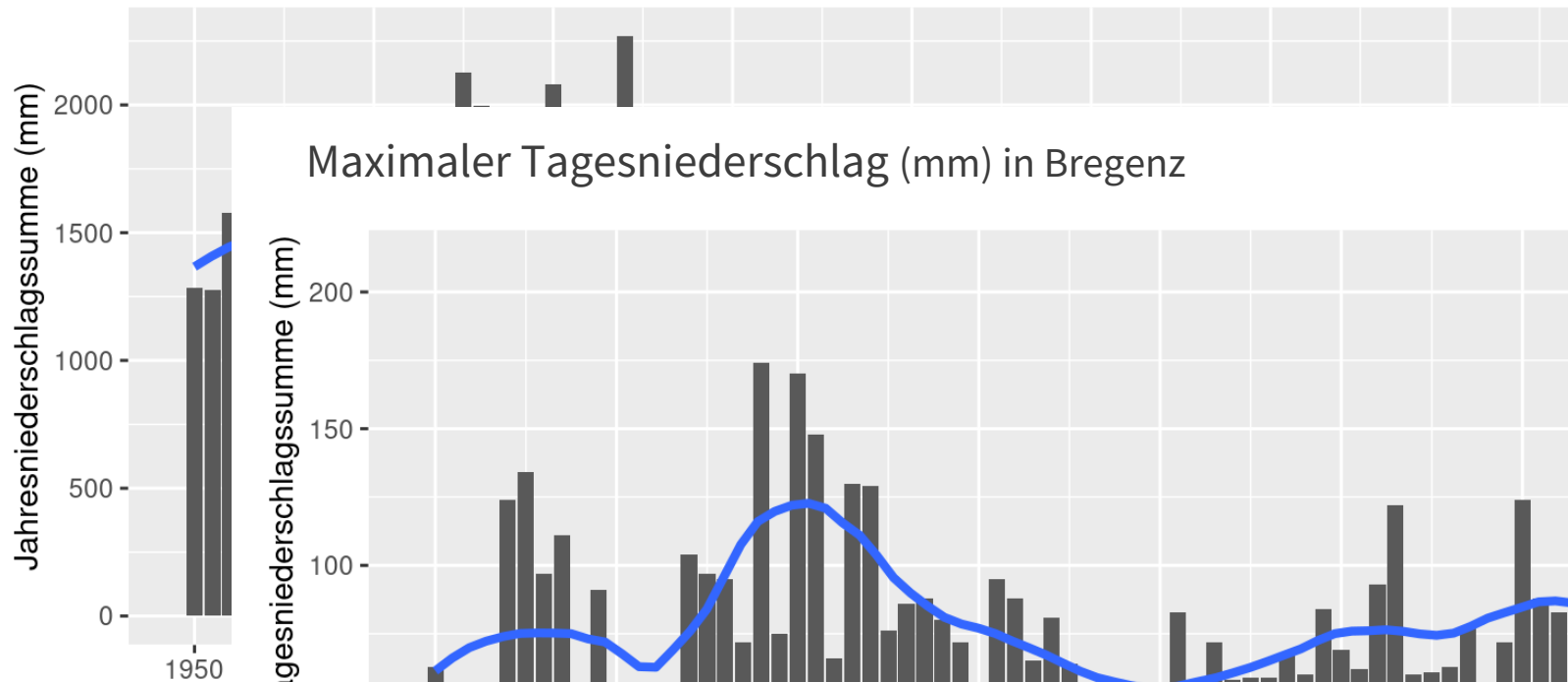


Jahresniederschlag (mm) in Bregenz

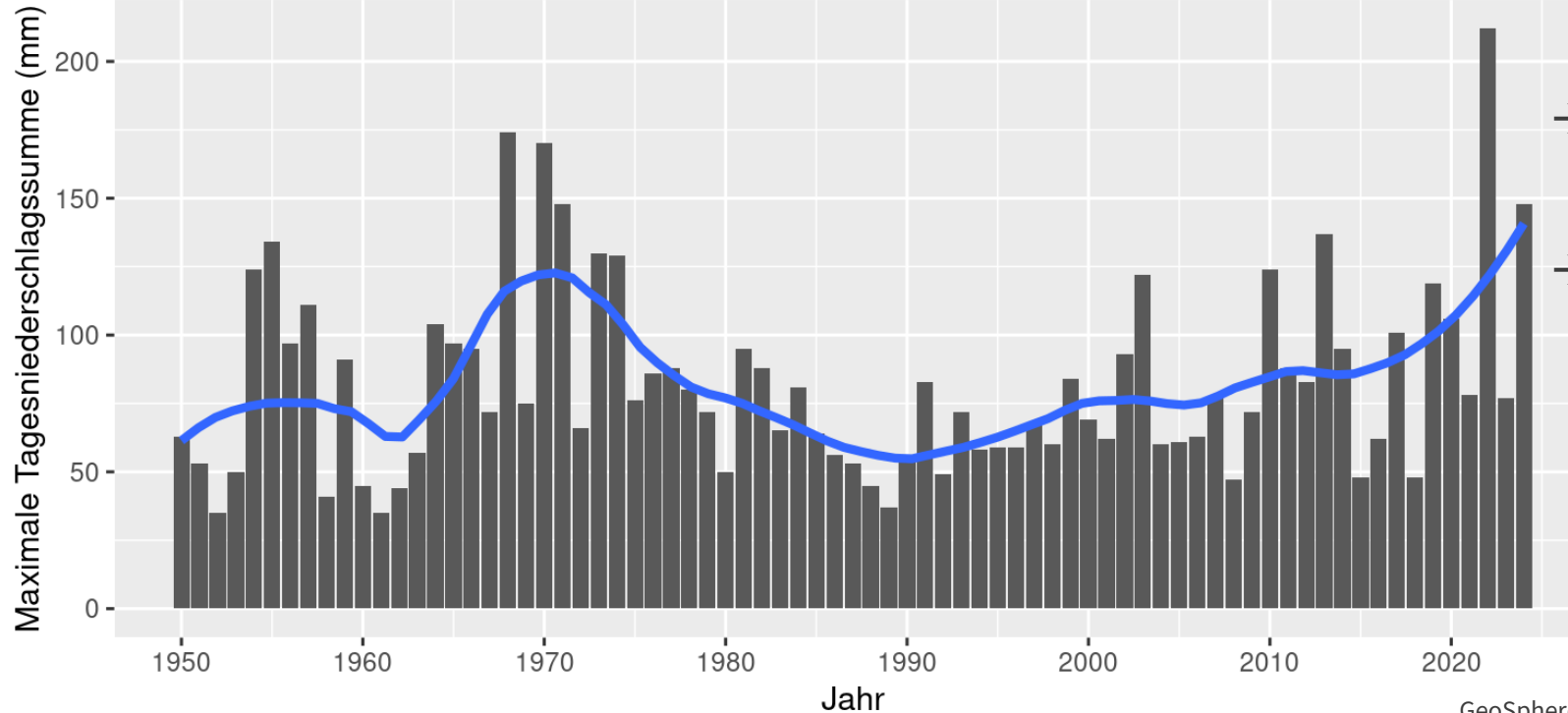


- Dekadische Variationen
- Zunahme seit 1990er Jahren (Alpennordseite)

Jahresniederschlag (mm) in Bregenz



Maximale Tagesniederschlagssumme (mm)



→ Dekadische Variationen
→ Zunahme seit 1990er Jahren
ordseite)

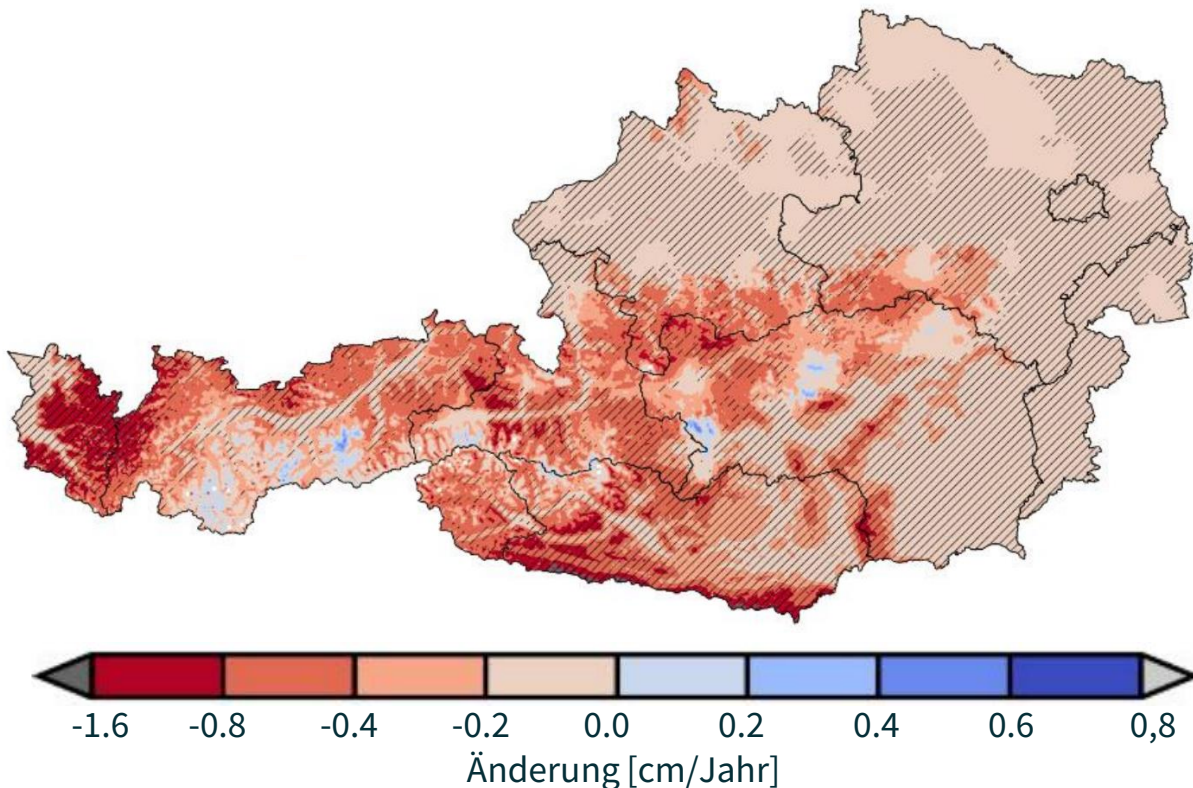
→ Stark abhängig von
einzelnen extremen
Wetterlagen
→ Zunahme seit 1990er Jahren

GeoSphere Austria

Starke Schwankungen der Schneehöhe von Jahr zu Jahr, mittel- und langfristig (≥ 30 Jahre), aber deutliche Abnahme der Schneehöhe und Schneedeckendauer, v.a. im Westen und Süden.

- Gletscherverlust im Alpenraum seit Ende des 19. Jhd. > 60 %
- Prognose: in den Ostalpen werden die meisten Gletscher in 30-40 Jahren verschwunden sein

Trend der Schneehöhe 1961-2020



Zunahme alpiner Naturgefahren durch den Eisrückzug und das Tauen des Permafrostes

→ Vermehrt Bergstürze

z. B. Fluchthorn 2023, im Schweizer Lötschental 2025 („Bergsturz von Blatten“)

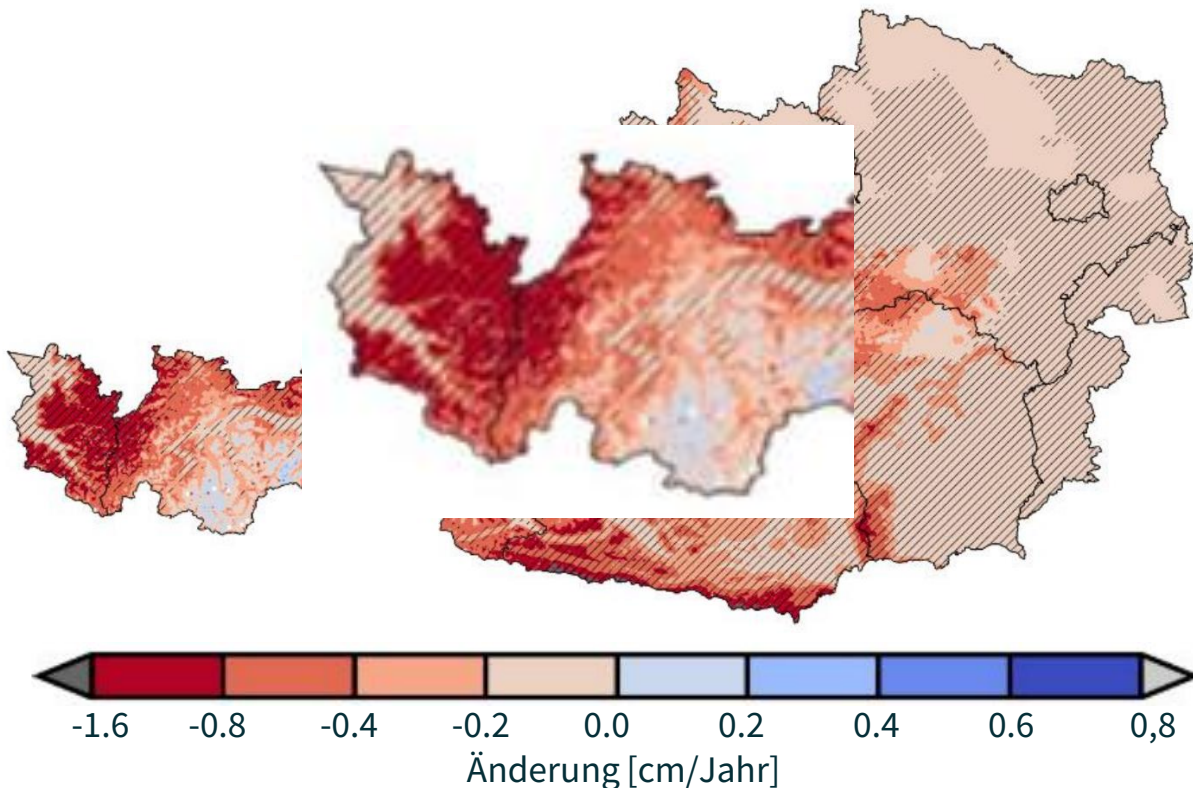
Lawinen:

Verschiebung von Trocken- zu Nassschneelawinen
Insgesamt Abnahme der Lawinengefahr

Starke Schwankungen der Schneehöhe von Jahr zu Jahr, mittel- und langfristig (≥ 30 Jahre), aber deutliche Abnahme der Schneehöhe und Schneedeckendauer, v.a. im Westen und Süden.

- Gletscherverlust im Alpenraum seit Ende des 19. Jhd. > 60 %
- Prognose: in den Ostalpen werden die meisten Gletscher in 30-40 Jahren verschwunden sein

Trend der Schneehöhe 1961-2020



Zunahme alpiner Naturgefahren durch den Eisrückzug und das Tauen des Permafrostes

→ Vermehrt Bergstürze

z. B. Fluchthorn 2023, im Schweizer Lötschental 2025 („Bergsturz von Blatten“)

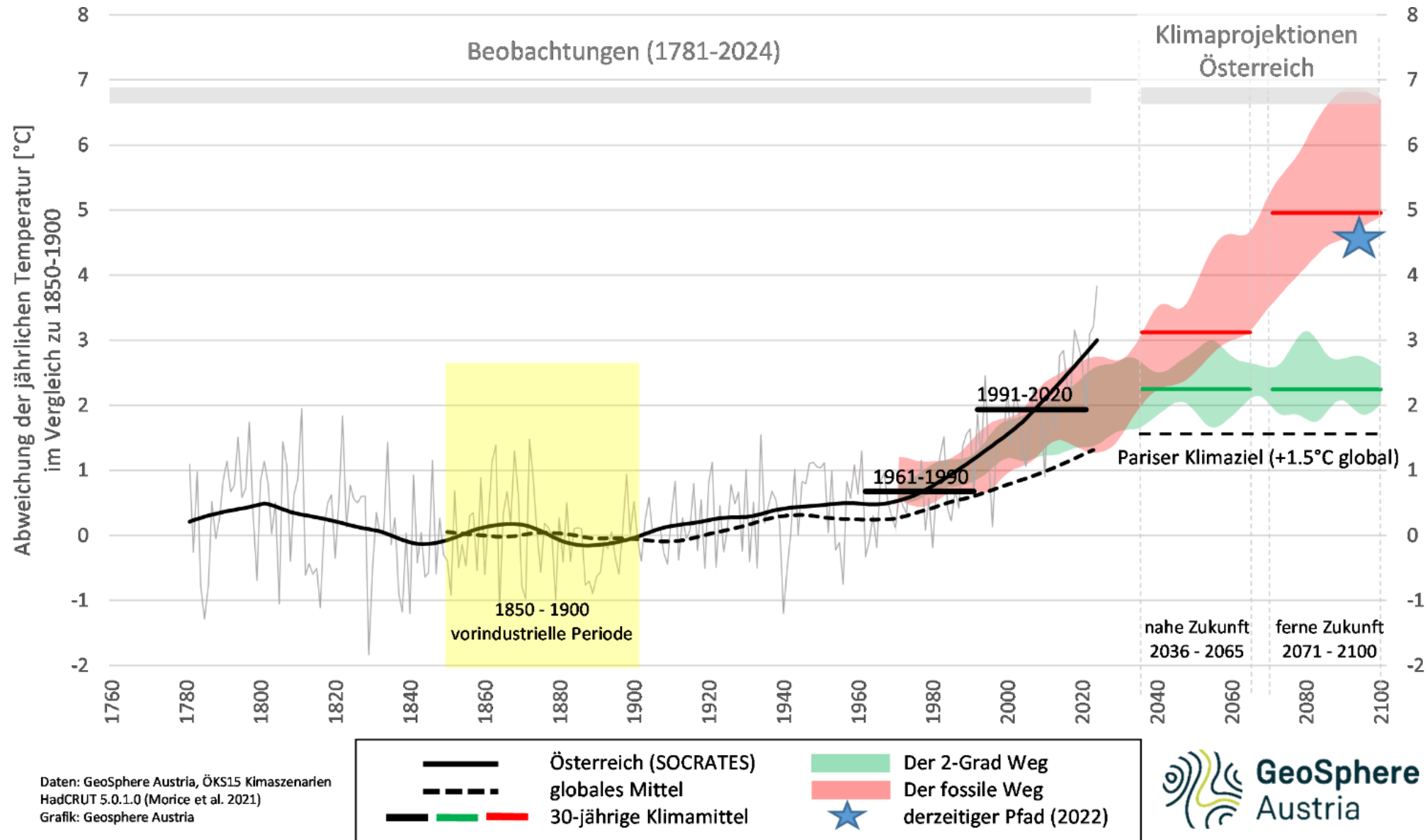
Lawinen:

Verschiebung von Trocken- zu Nassschneelawinen
Insgesamt Abnahme der Lawinengefahr

- **Temperatur:** im Alpenraum in den letzten Jahrzehnten deutlich angestiegen (=Hauptsignal der Klimaveränderung). Damit deutlich gestiegene Hitzebelastung, besonders im Siedlungsraum.
- **Niederschlag:** stark variabel; im Jahresmittel wenig Trend; sommerliche, konvektive, kleinräumige Starkniederschläge werden intensiver.
- **Schnee:** Schneehöhe und Schneedeckendauer nehmen tendenziell ab, vor allem im Westen und Süden Österreichs und in Tallagen, kurzfristig dominiert die hohe Variabilität.
- **Trockenheit:** hptsl. im Osten Österreichs, durch die wärmeren Temperaturen steigt die Verdunstung, in der warmen Jahreszeit nimmt die Bodenfeuchte ab, die Wahrscheinlichkeit für Dürre/Trockenheit steigt (*nicht gezeigt*).

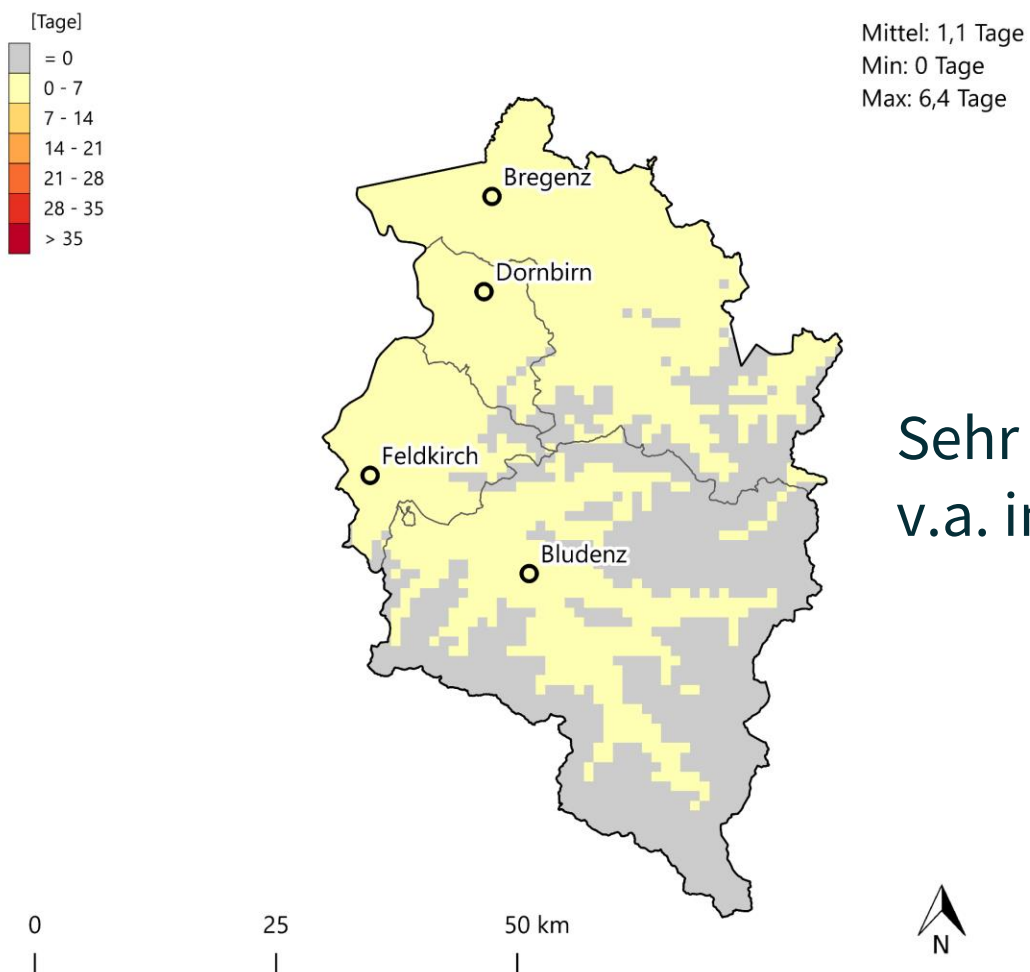
Für die Zukunft
(von Klimamodellen)
prognostizierte
Klimaveränderungen

Erwärmung – wie geht es weiter in Österreich?



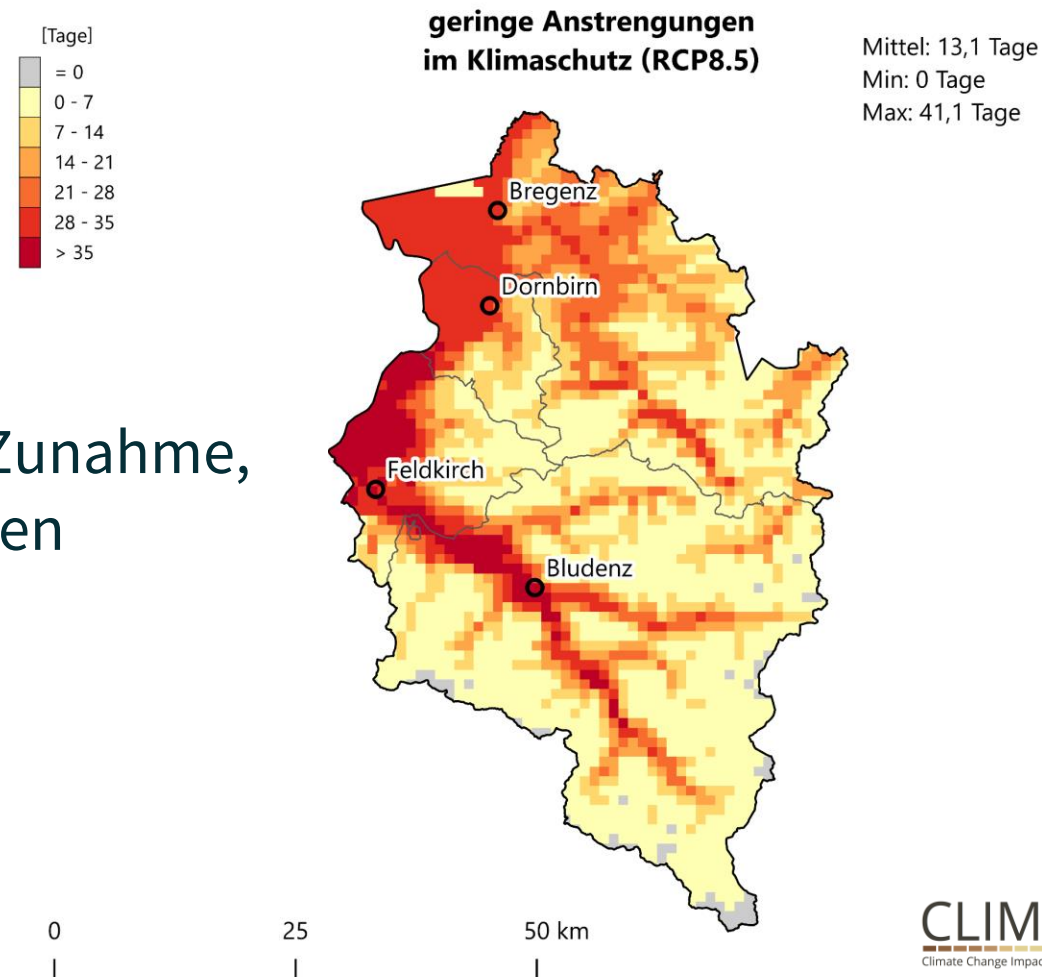
Hitzetage ($T_{\max} \geq 30\text{ °C}$) bis Ende des Jahrhunderts, business-as-usual

Aktuelles Klima (1981-2010)



Zukünftiges Klima (2071-2100)

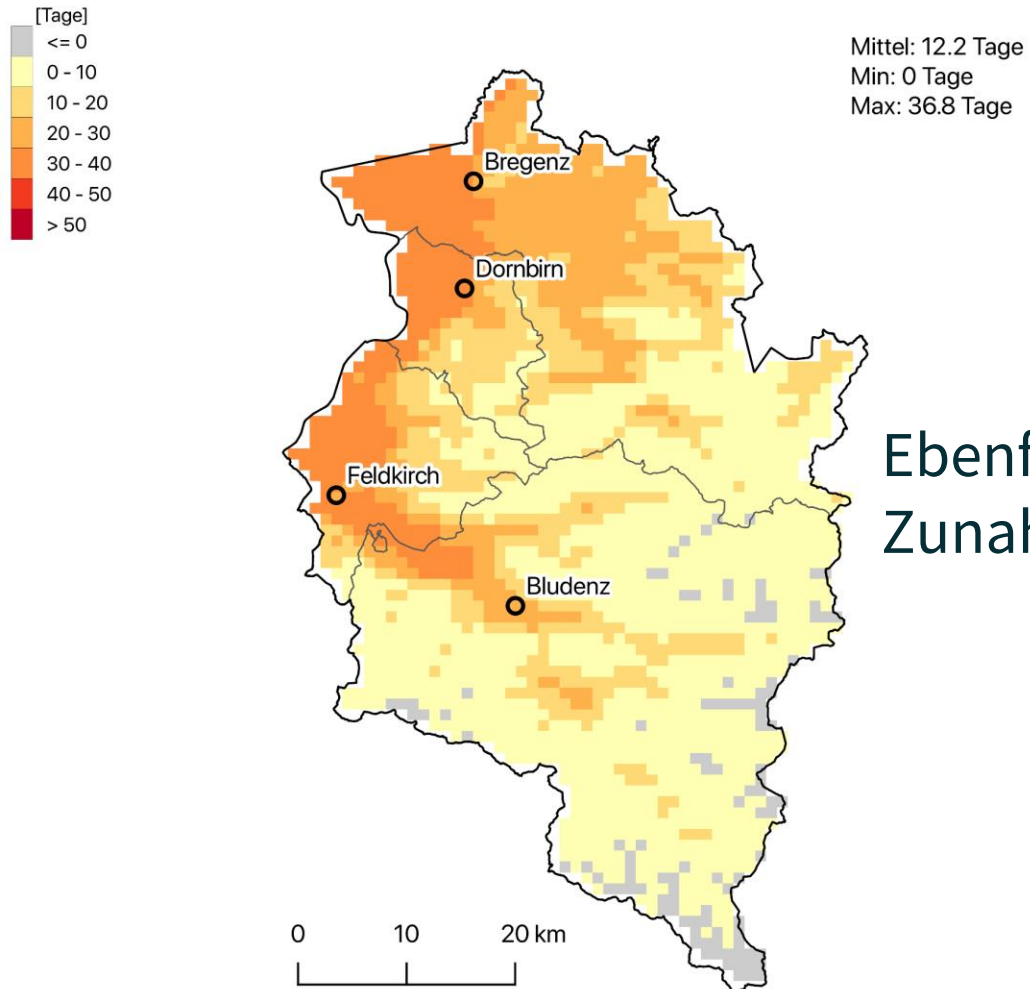
Dargestellt sind Mittel
des ÖKS15-Ensembles



Sehr starke Zunahme,
v.a. in Tallagen

Badetage ($T_{\max} \geq 23\text{ °C}$, $SSD \geq 9\text{ h}$) bis Ende des Jahrhunderts, business-as-usual

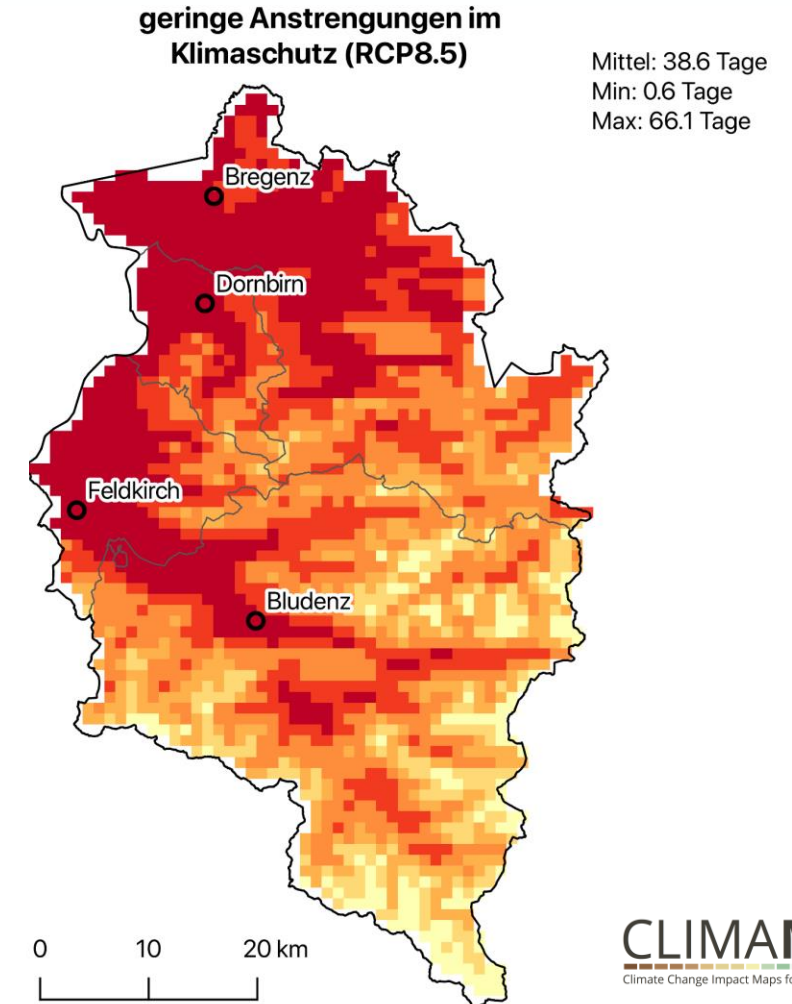
Aktuelles Klima (1981-2010)



Ebenfalls sehr starke
Zunahme

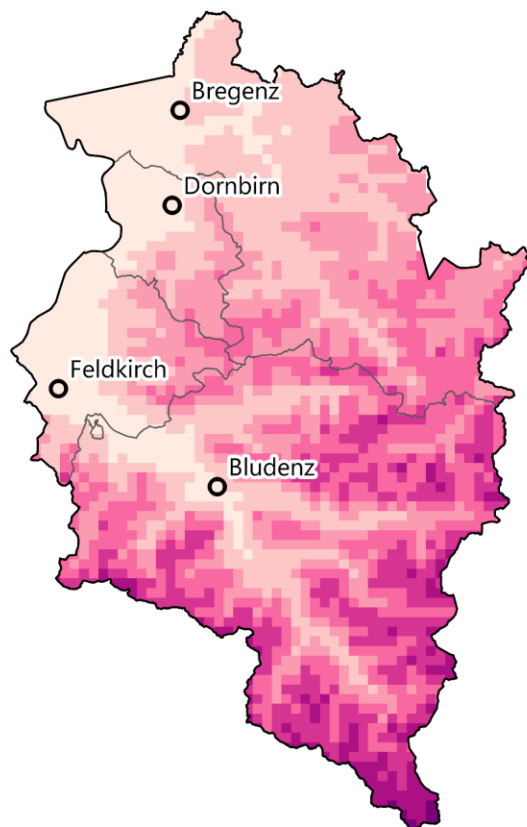
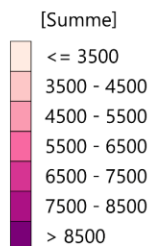
Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel
des ÖKS15-Ensembles



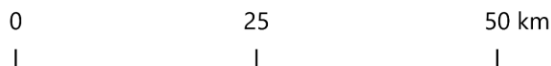
Heizgradtage bis Ende des Jahrhunderts, business-as-usual

Aktuelles Klima (1981-2010)

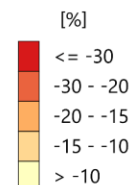


Mittel: 5011
Min: 3108
Max: 9368

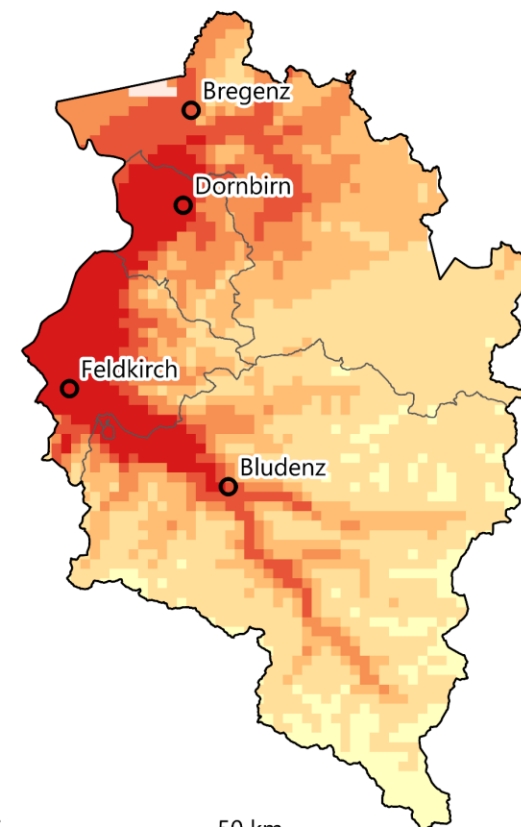
Heizbedarf sinkt
um bis zu 30 %,
v. a. in Tallagen



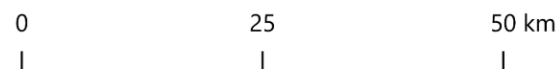
Abweichungen vom aktuellen Klima (2071-2100) Dargestellt sind Mittel des ÖKS15-Ensembles



geringe Anstrengungen
im Klimaschutz (RCP8.5)

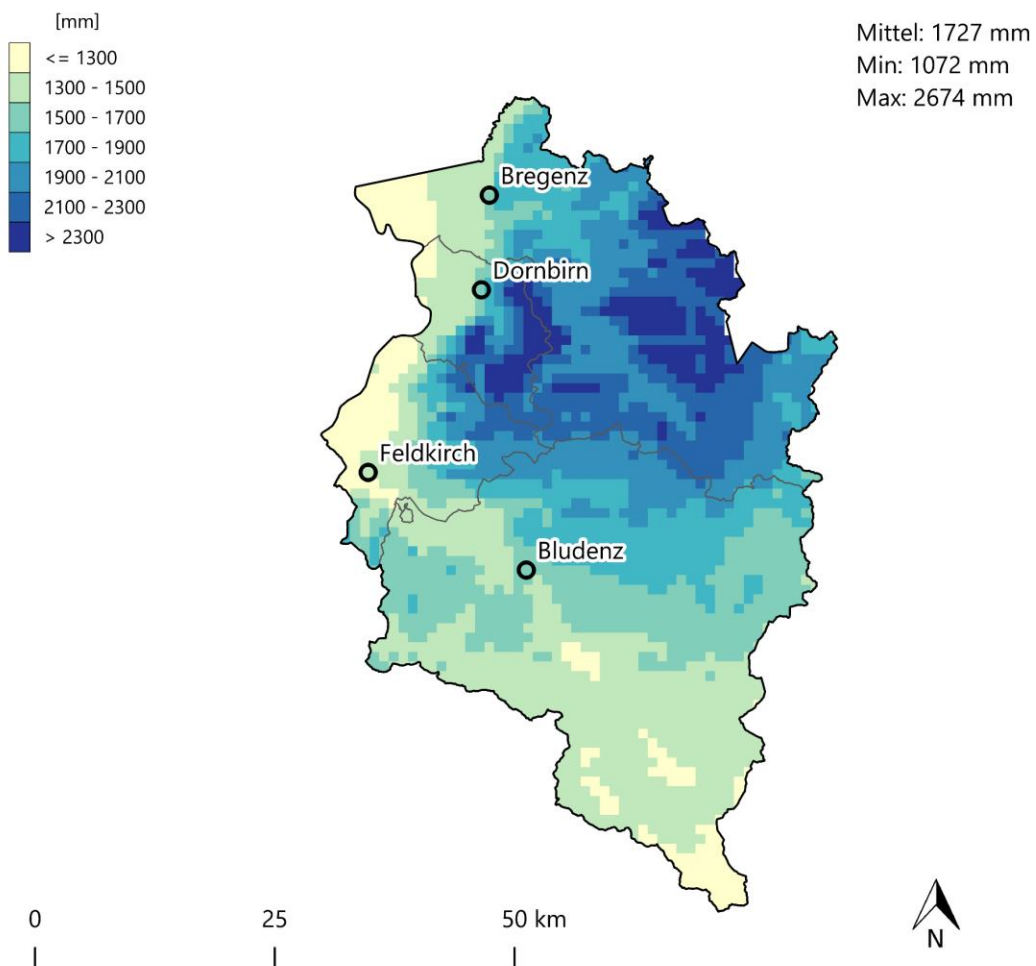


Mittel: -29,6%
Min: -36,8%
Max: -17%



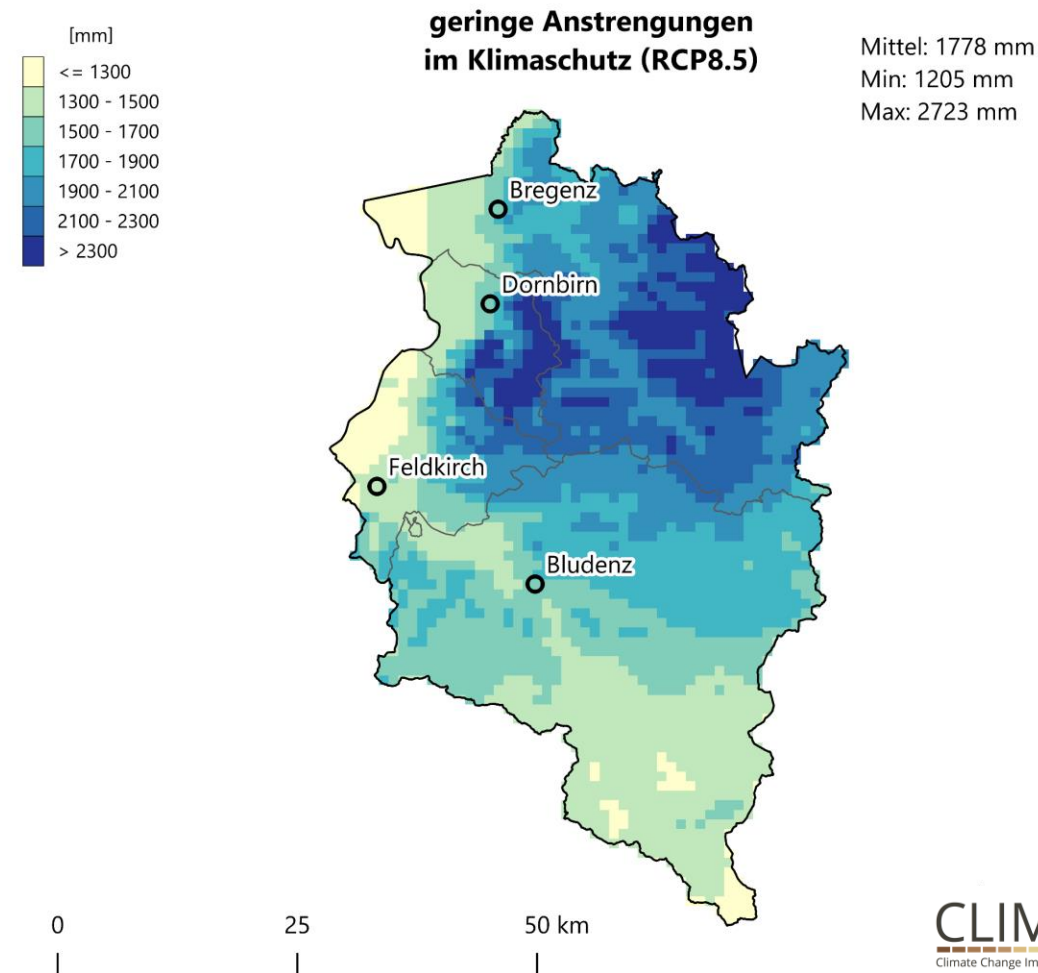
Jährliche Niederschlagssumme bis Ende des Jahrhunderts, business-as-usual

Aktuelles Klima (1981-2010)



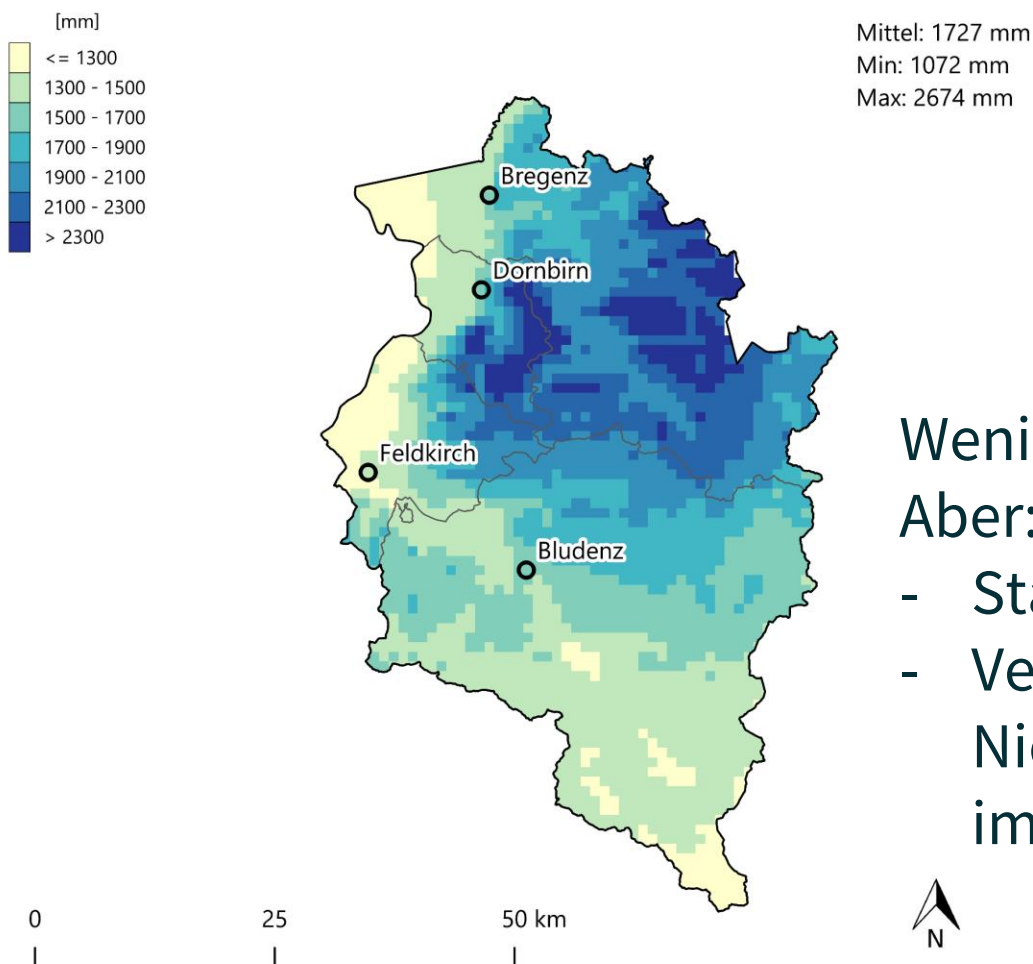
Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel
des ÖKS15-Ensembles



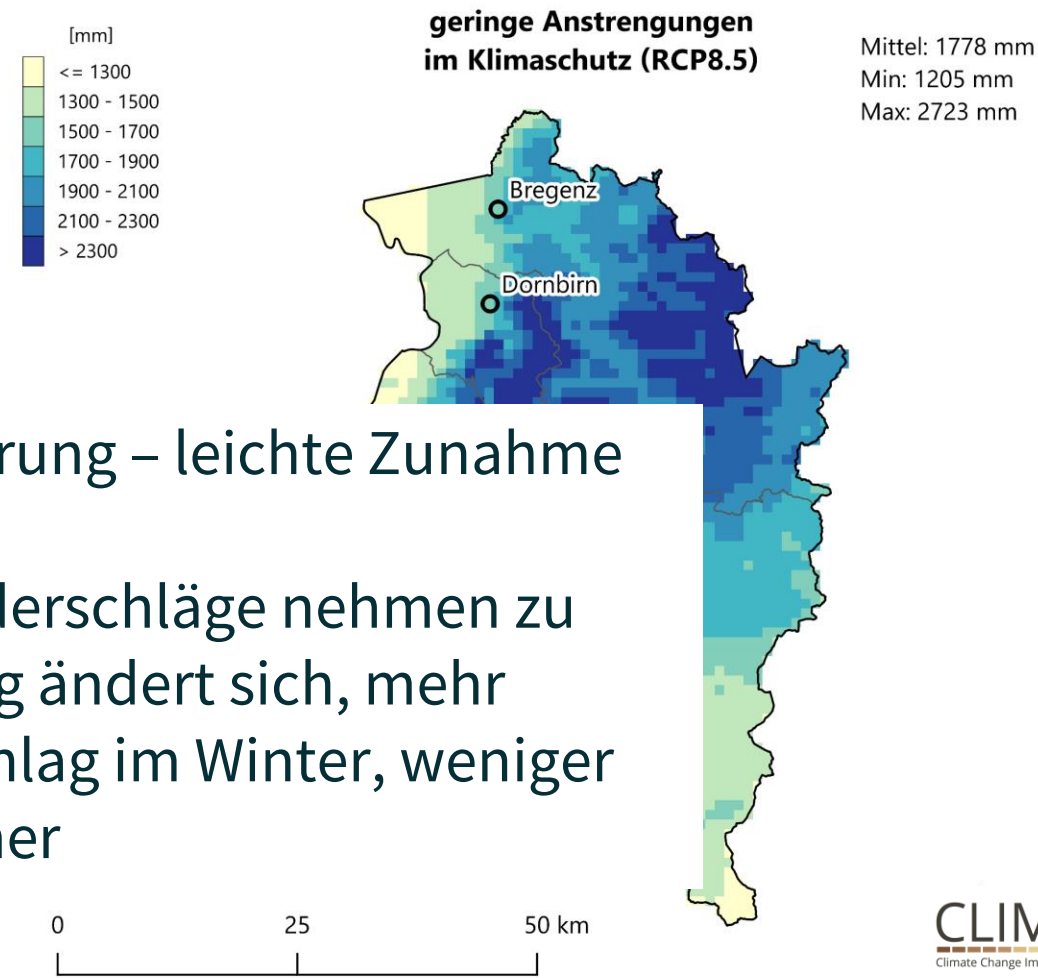
Jährliche Niederschlagssumme bis Ende des Jahrhunderts, business-as-usual

Aktuelles Klima (1981-2010)



Zukünftiges Klima (2071-2100)

Dargestellt sind Mittel
des ÖKS15-Ensembles

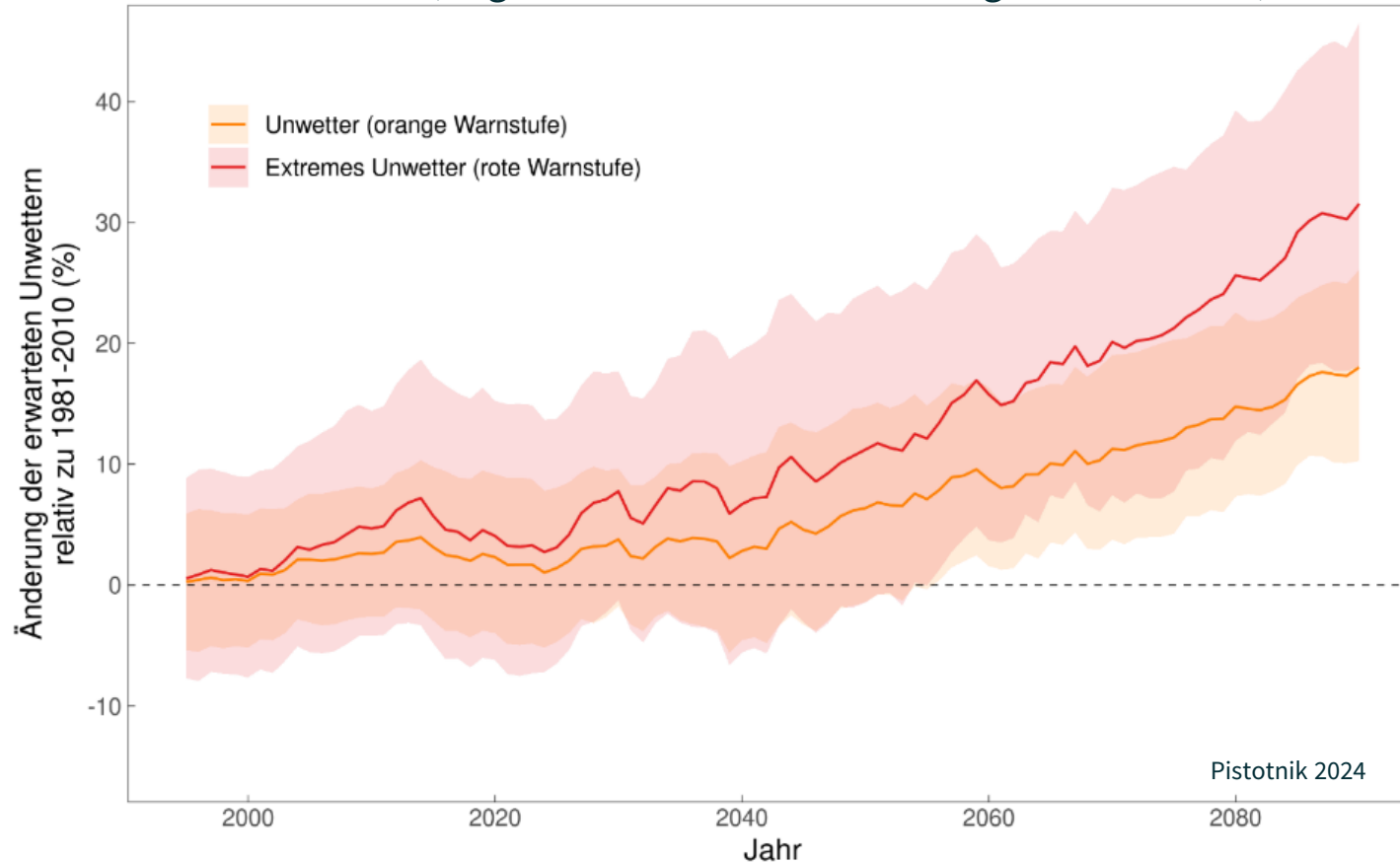


Wenig Änderung – leichte Zunahme
Aber:

- Starkniederschläge nehmen zu
- Verteilung ändert sich, mehr Niederschlag im Winter, weniger im Sommer

- 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.

Temperatur:

Weiterer Anstieg, Zunahme an Hitzetagen (höhere Belastung, aber auch mehr Badetage), weniger Heizbedarf

Jahresniederschlag:

Wenig Änderung, eher leichte Zunahme v. a. im Winter, Unsicherheit ist aber groß

Starkniederschlag :

Weitere Zunahme sehr wahrscheinlich wegen physikalischem Zusammenhang mit Lufttemperatur

Unwetterpotenzial:

Wird in der warmen Jahreszeit sehr wahrscheinlich weiter zunehmen.

Generell gilt:

**Das (Niederschlags)Klima wird zunehmend „variabler“,
Ausreißer nach oben und unten werden größer!**

Naturgefahren:

z. B. Hochwasser, Hangstürze, Muren, Rutschungen

Energie- und Wasserwirtschaft:

Systematische Veränderung in jahreszeitlichen Gängen, z. B. durch Gletscherrückgänge

Forstwirtschaft:

z.B. Trockenstress, vermehrter Windwurf (?), Käferbefall

Landwirtschaft:

gemischte Bilanz, längere Vegetationsperiode versus Trockenstress, Spätfrost ...

Tourismus:

Wirtschaftlicher Betrieb kleinerer Schigebiete schwierig, Chancen im Sommer

Gesundheitswesen:

z. B. Hitzestress (in dicht besiedelten Gebieten)

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT !

Ich freue mich auf Fragen und Rückmeldungen
im Zuge der Podiumsdiskussion