



POTSDAM-INSTITUT FÜR
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

Der Klimawandel in Europa, Deutschland und Brandenburg

Fred Fokko Hattermann

hattermann@pik-potsdam.de

Member of

Leibniz
Leibniz
Association



Gliederung

- Einordnung: Definition „Starkregen“ und „Jährlichkeit“
- Dringlichkeit von vermehrter Überflutungsvorsorge? Wie ist der Trend?
- Wie verändern sich die Niederschläge in Berlin? Niederschlagsverteilung, Trockenheit, Starkregen
- Notwendigkeit hinsichtlich Schäden / Folgen in Berlin

Definition Starkniederschlag

Der DWD warnt vor Starkregen in 3 Stufen (wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden):

- Regenmengen 15 bis 25 l/m² in 1 Stunde oder 20 bis 35 l/m² in 6 Stunden ([Markante Wetterwarnung](#))
- Regenmengen > 25 bis 40 l/m² in 1 Stunde oder > 35 l/m² bis 60 l/m² in 6 Stunden ([Unwetterwarnung](#))
- Regenmengen > 40 l/m² in 1 Stunde oder > 60 l/m² in 6 Stunden ([Warnung vor extremem Unwetter](#))

(Siehe hierzu auch: www.dwd.de/warnkriterien)

Unterscheidungskriterium nach Wussow:

- Starkregen wird als Regen bezeichnet, dessen Niederschlagshöhe N [mm] und Regendauer D [min] folgende Mindestbedingung erfüllt:

$$N \geq \left[5D - \left(\frac{D}{24} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

z.B. bei 10 Minuten Dauer: $N \geq 7$ mm

Bemessungsniederschlag

- Bei großen Niederschlagsereignissen stellt sich oftmals die Frage nach der **Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens**, d.h. man möchte wissen, wie oft im Jahr man mit einem Niederschlag dieser Intensität und Dauer statistisch(!) zu rechnen hat (**Jährlichkeit**).
- **Bemessungsniederschlag ist ein Grenzwert für die Bau- und Raumplanung**

Wichtig für Wassermanagement in urbanen Räumen und kleinen Einzugsgebieten:

- Niederschlagshöhe N [mm]
- Niederschlagsdauer D [Zeit]
- Niederschlagsintensität I [mm/Zeit]
- Häufigkeit und Wiederkehrintervalle T_D [Jahr]
- Überschreitungswahrscheinlichkeit $P_{\bar{u}}$ [$1/T_D$]
- Unterschreitungswahrscheinlichkeit P_u [$1-P_{\bar{u}}$]
- > **Abhängig vom Ort**



Bemessungsniederschlag

Beispiel: Bemessungsgrundlagen für Entwässerungs- bzw. Versickerungsanlagen der Stadt Würzburg

„Die Kenntnis von Häufigkeit und Menge des Niederschlags ist bei der Planung von Anlagen zur Bemessung folgender Regenwassernutzungs- bzw. Entwässerungsanlagen erforderlich“, z.B. beim:

- Reinigungsanlagen (Filter, Absetzbecken, Ölabscheider...)
- Speichervolumen der Zisterne
- Versickerungsanlagen
- Ablauf in den Kanal oder ein Oberflächengewässer
- ...

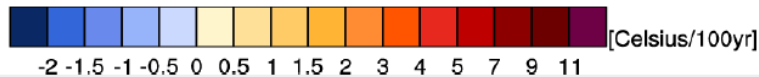
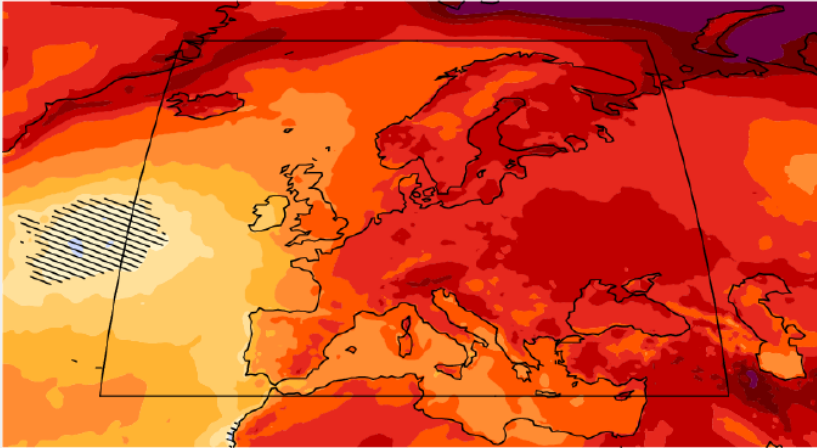
Der **Bemessungsregen** gibt an, welche Regenmenge pro Hektar beim stärksten 15-minütigen Regen eines Jahres pro Sekunde abfließt.

Für Würzburg beträgt der Bemessungsregen $r(15,1) = 106 \text{ l/s*ha}$.

Beobachteter Klimawandel in Deutschland

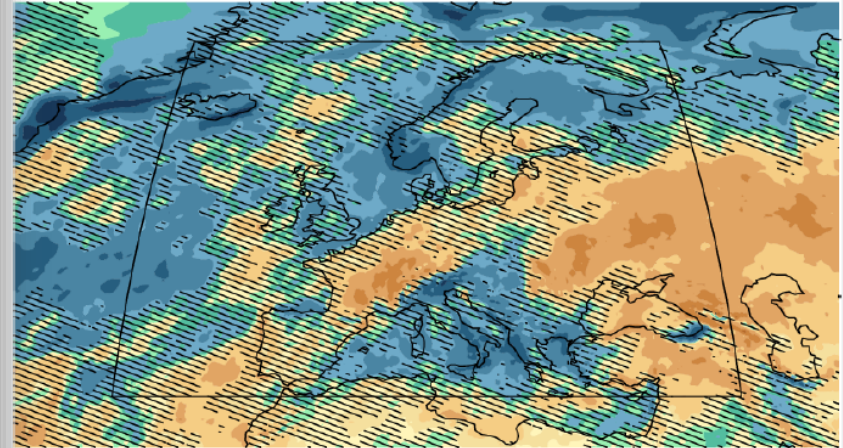
Trend Temperatur

mean regression temperature on time 1979-2021 Jan-Dec ERA5



Trend Niederschlag

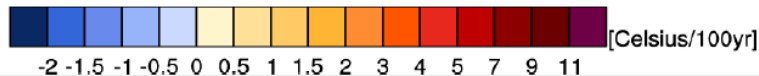
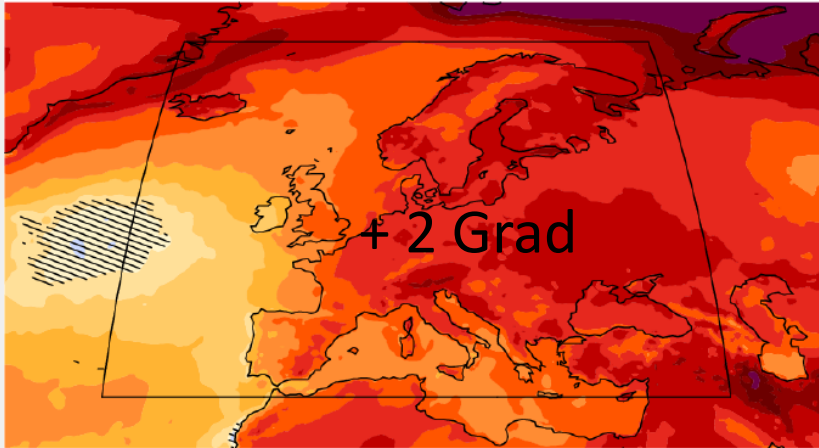
mean regression precipitation on time 1979-2021 Jan-Dec ERA5



Beobachteter Klimawandel in Deutschland

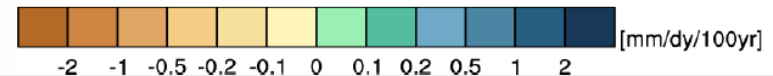
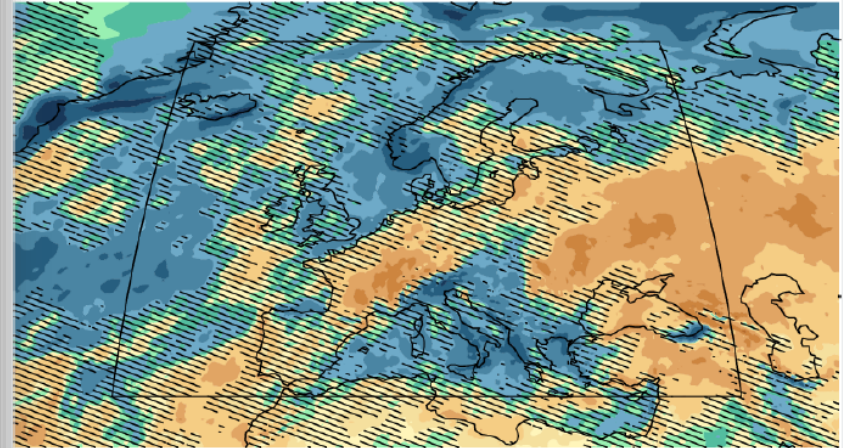
Trend Temperatur

mean regression temperature on time 1979-2021 Jan-Dec ERA5



Trend Niederschlag

mean regression precipitation on time 1979-2021 Jan-Dec ERA5

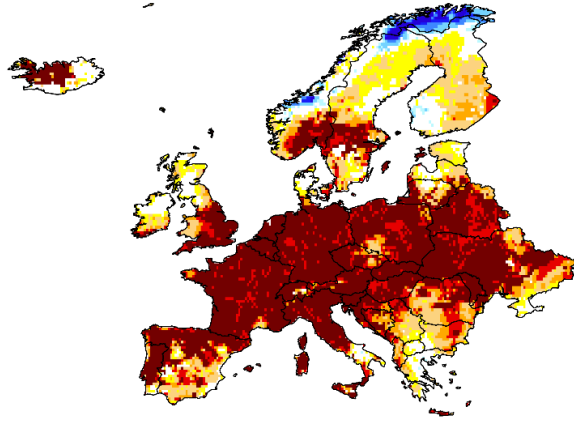


Änderungen in der terrestrischen Wasserspeicherung (Grundwasser, basierend auf NASA-Satelliten-Daten, September 2022 und 2023)



GRACE-Based Shallow Groundwater Drought Indicator

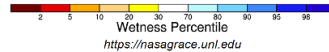
September 19, 2022



Wetness percentiles are relative to the period 1948-2012

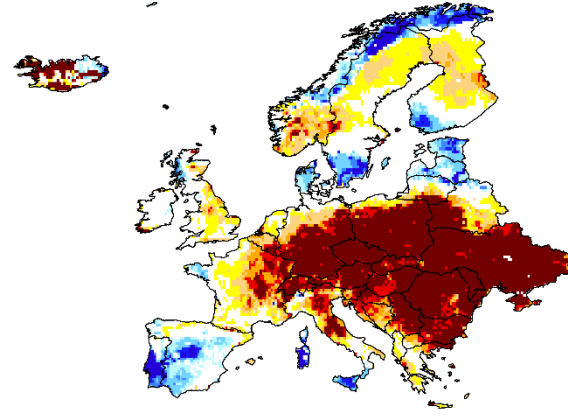
Cell Resolution 0.25 degrees

Projection of this document is Patterson (World)



GRACE-Based Shallow Groundwater Drought Indicator

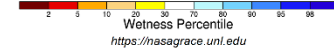
June 30, 2023



Wetness percentiles are relative to the period 1948-2012

Cell Resolution 0.25 degrees

Projection of this document is Patterson (World)





Aber wie betrifft uns das?

Griechenland, September 2023

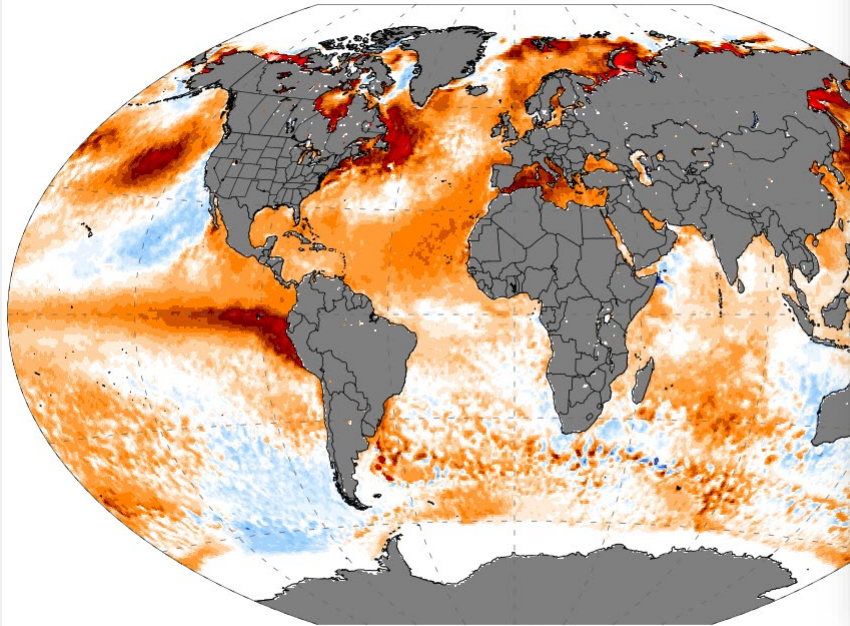
Slowenien, August 2023

Anomalien der Meeresoberflächentemperatur

September 2023

Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
July 2023 - 1979-2000

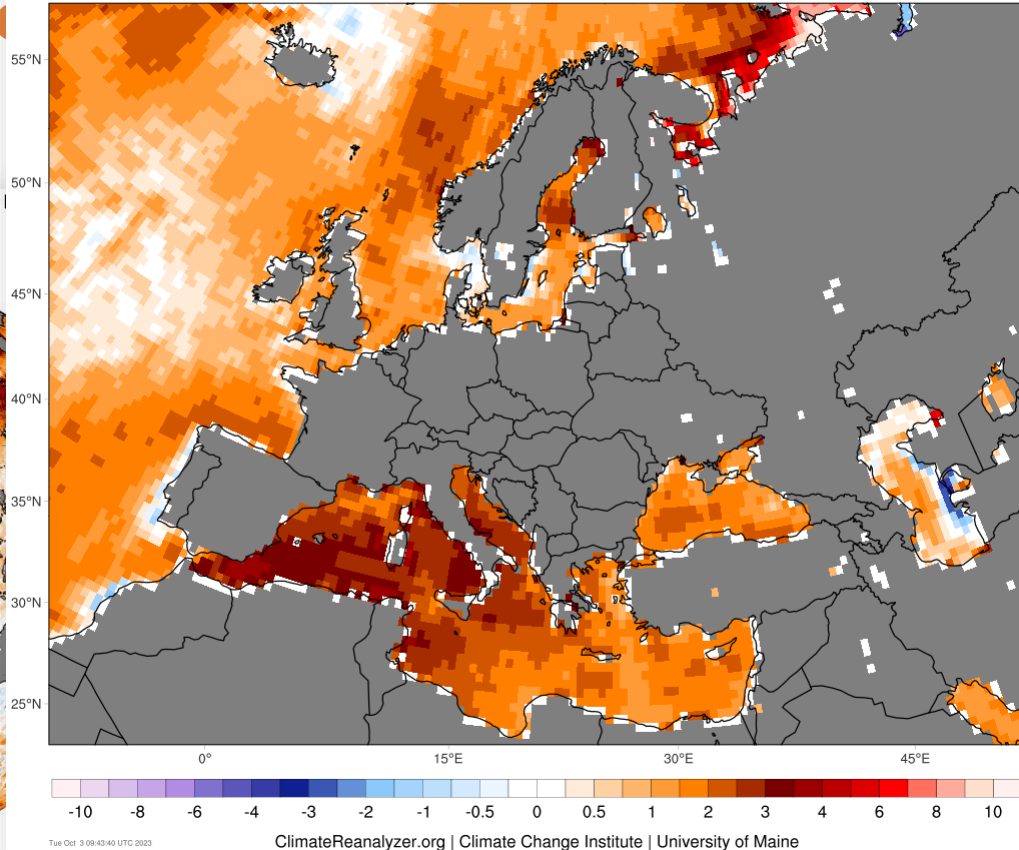
ECMWF ERA5



ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

Sea Surface Temperature Anomaly (°C)
July 2023 - 1979-2000

ECMWF ERA5 (0.5x0.5 deg)

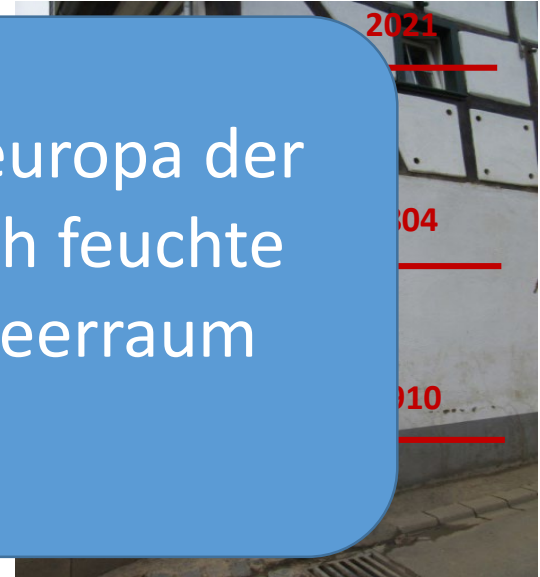


ClimateReanalyzer.org | Climate Change Institute | University of Maine

Ahrtal Hochwasser 2021

- Wieder
- Schäd
- Aufgrund
Infrast

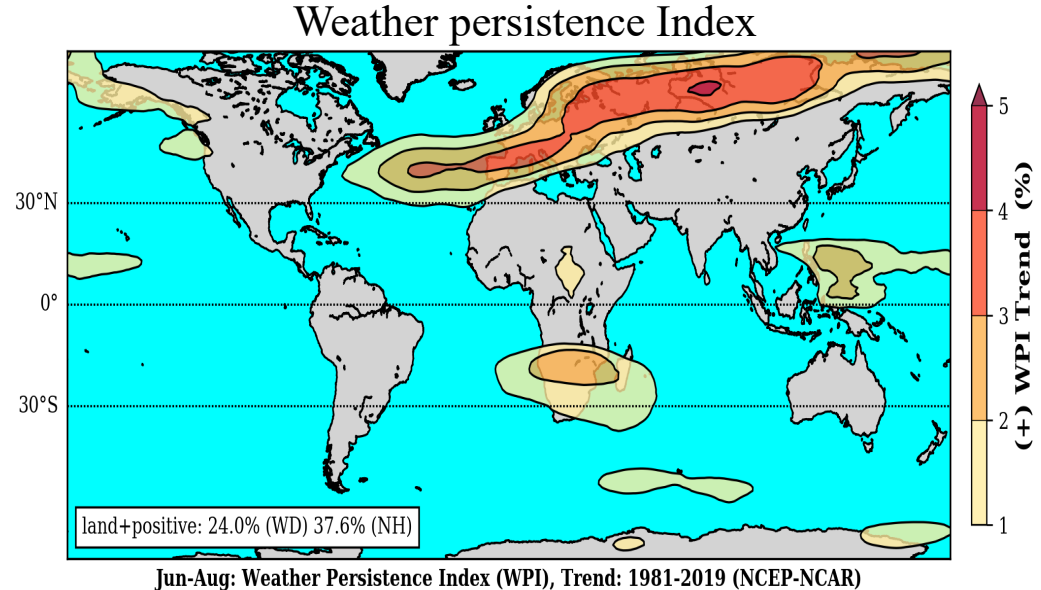
Fast alle Hochwasser in Mitteleuropa der letzten Jahrzehnte waren durch feuchte Luftmassen aus dem Mittelmeerraum gespeist



Beobachteter Trend in der Andauer von Wetterlagen

Die Wetterpersistenz beschreibt die Dauer einer bestimmten Wetterlage:

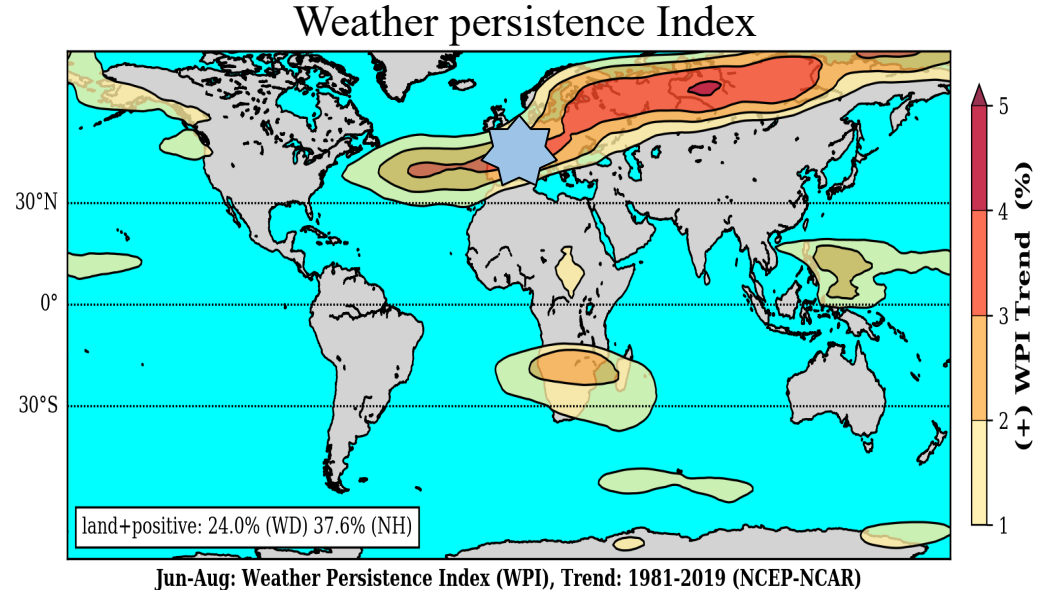
- Eine lang anhaltende Hochdruckwetterlage führt zu einer Dürre,
- ein lang anhaltender Tiefdruck oft zu einer Überschwemmung.



Beobachteter Trend in der Andauer von Wetterlagen

Die Wetterpersistenz beschreibt die Dauer einer bestimmten Wetterlage:

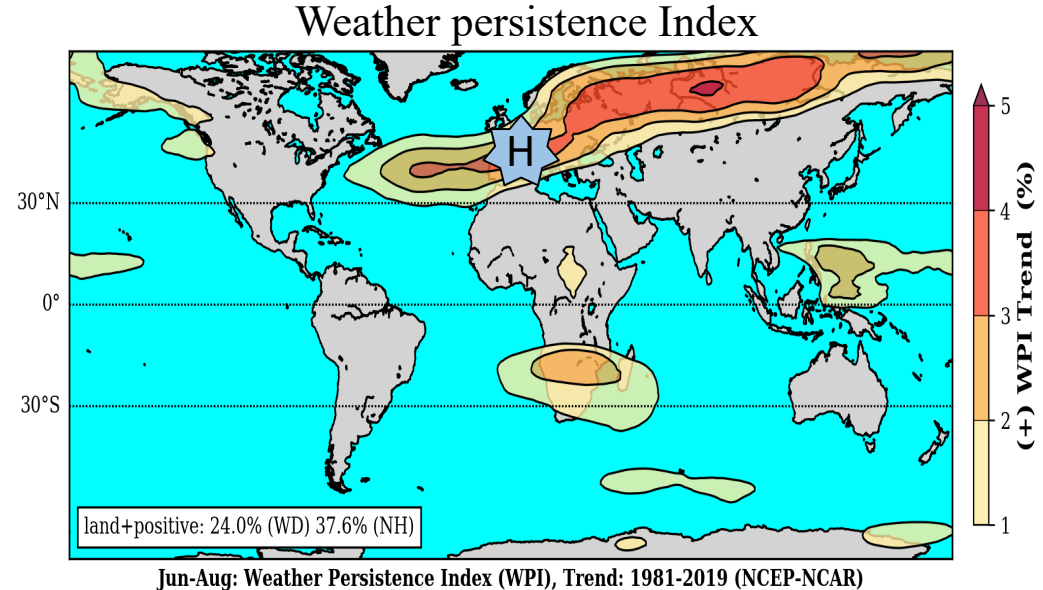
- Eine lang anhaltende Hochdruckwetterlage führt zu einer Dürre,
- ein lang anhaltender Tiefdruck oft zu einer Überschwemmung.



Beobachteter Trend in der Andauer von Wetterlagen

Die Wetterpersistenz beschreibt die Dauer einer bestimmten Wetterlage:

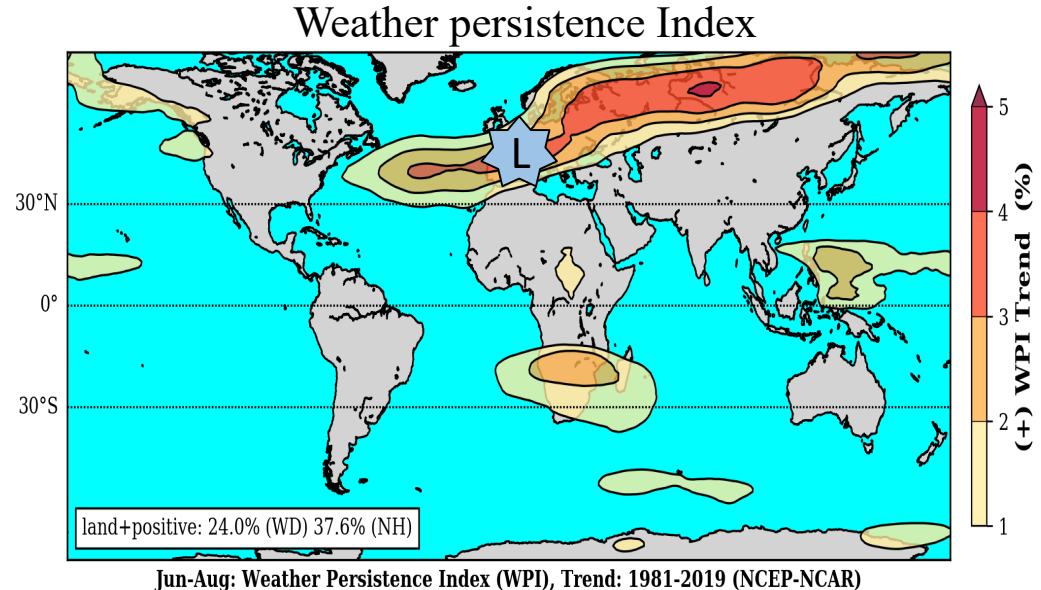
- Eine lang anhaltende Hochdruckwetterlage führt zu einer Dürre,
- ein lang anhaltender Tiefdruck oft zu einer Überschwemmung.



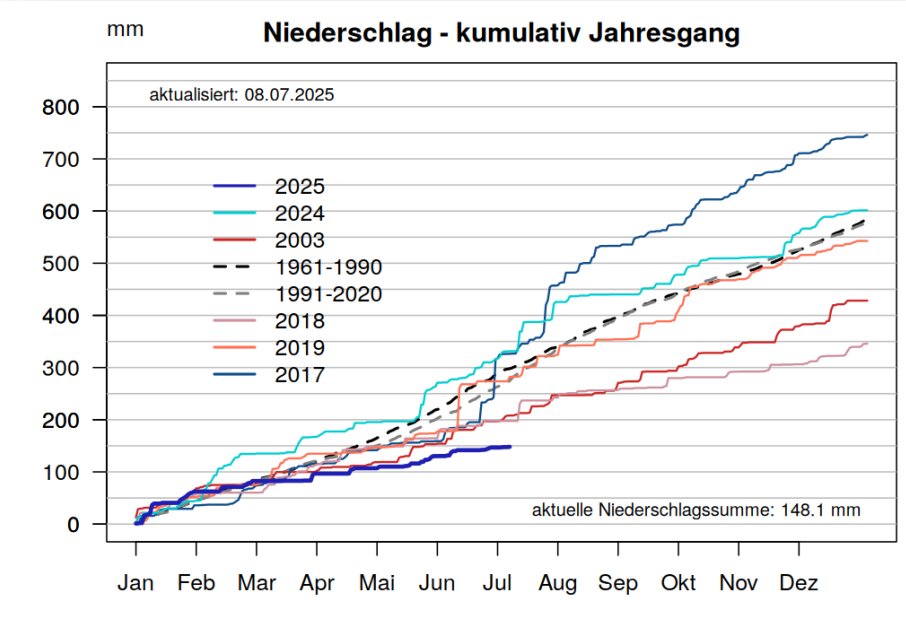
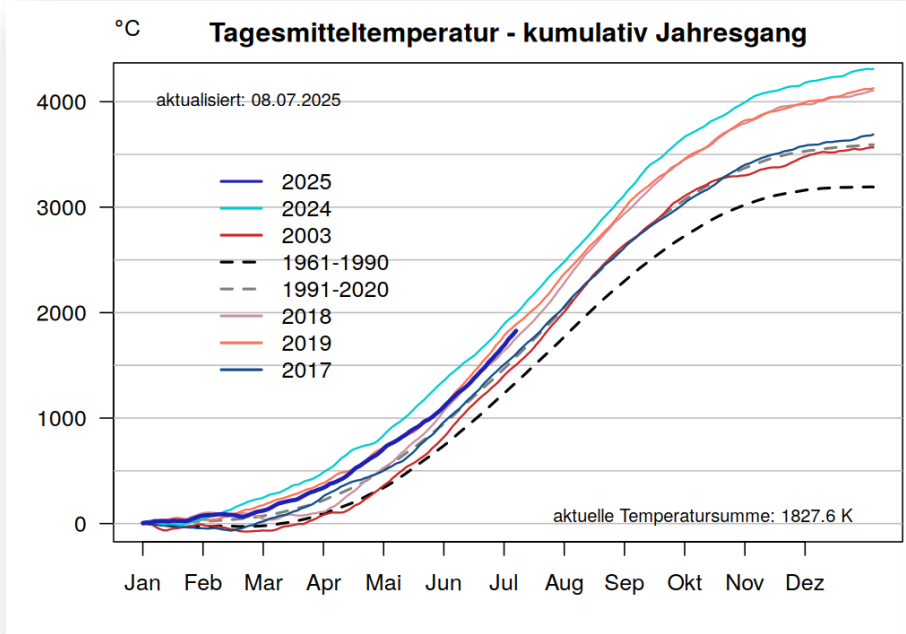
Beobachteter Trend in der Andauer von Wetterlagen

Die Wetterpersistenz beschreibt die Dauer einer bestimmten Wetterlage:

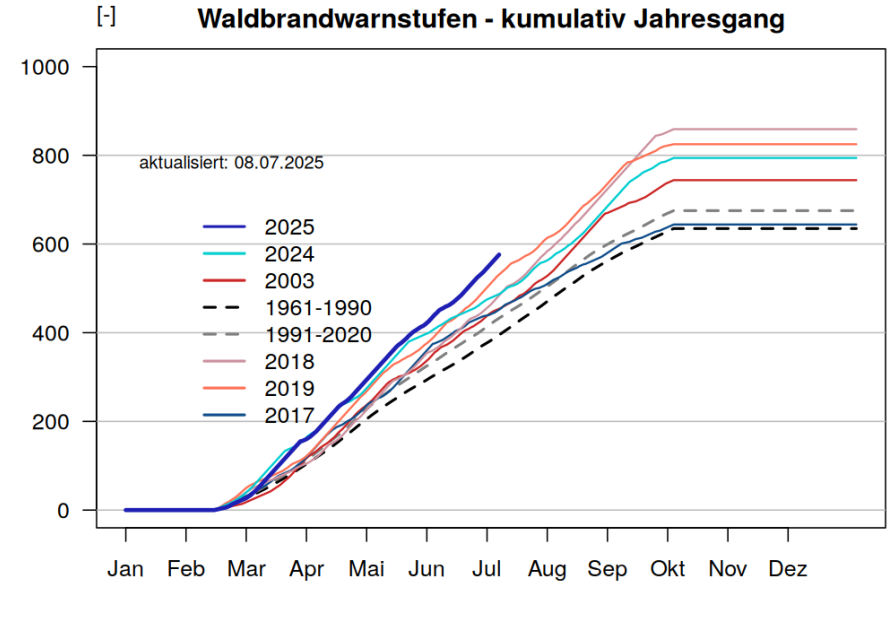
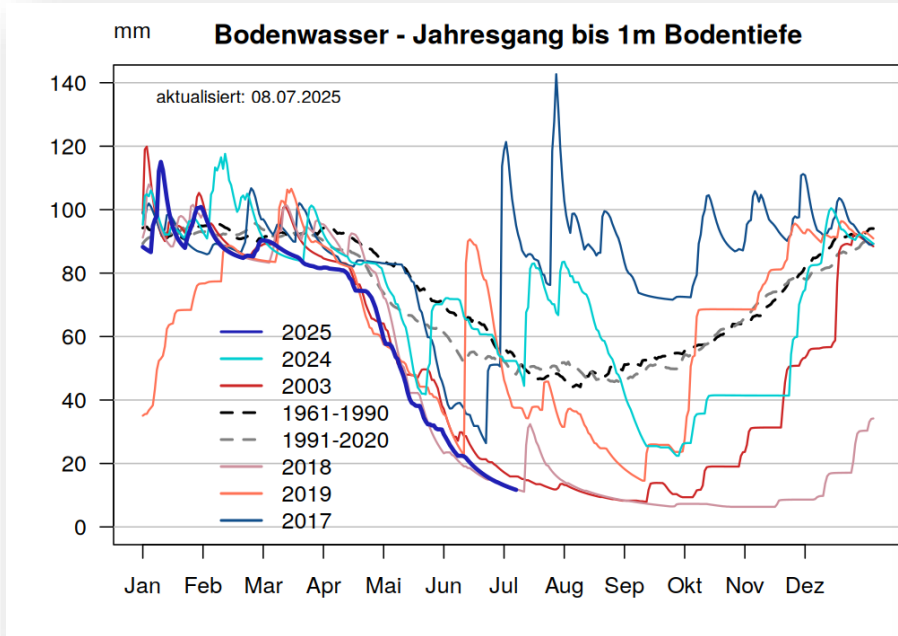
- Eine lang anhaltende Hochdruckwetterlage führt zu einer Dürre,
- ein lang anhaltender Tiefdruck oft zu einer Überschwemmung.



Aktuelle Daten der Klimastation Potsdam



Aktuelle Daten der Klimastation Potsdam

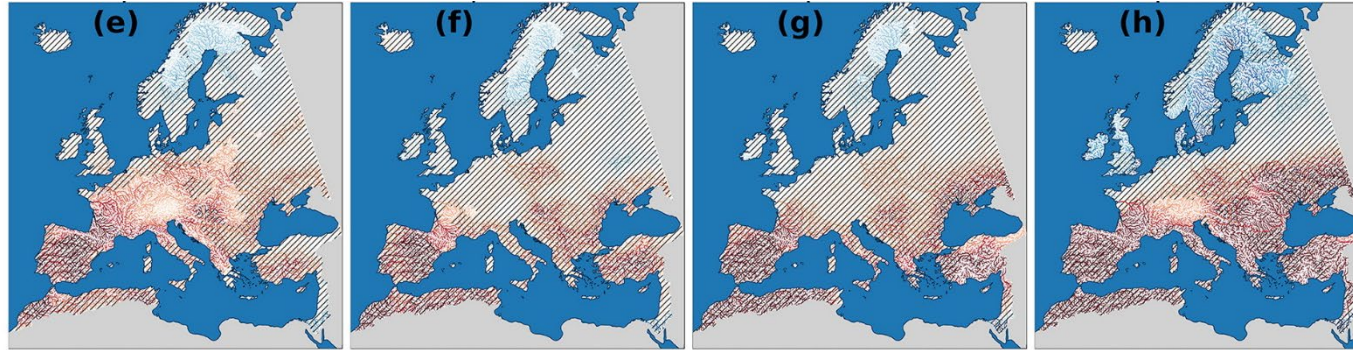


Mehr Dürren unter Klimawandel? Ja

(Änderung der jährlichen Wasserverfügbarkeit)

Moderates Klimaszenario

Extremes Klimaszenario



Nahe Zukunft

Entfernte
Zukunft

Nahe Zukunft

Entfernte
Zukunft

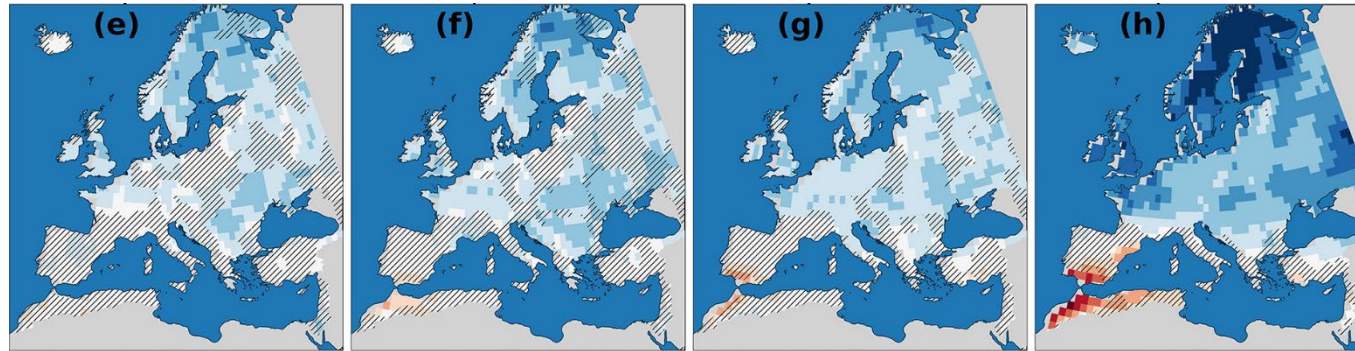
%

Mehr Hochwasser unter Klimawandel? Ja

(Änderung in der Niederschlägen über 7 Tagen)

Moderats Klimaszenario

Extremes Klimaszenario



Nahe Zukunft

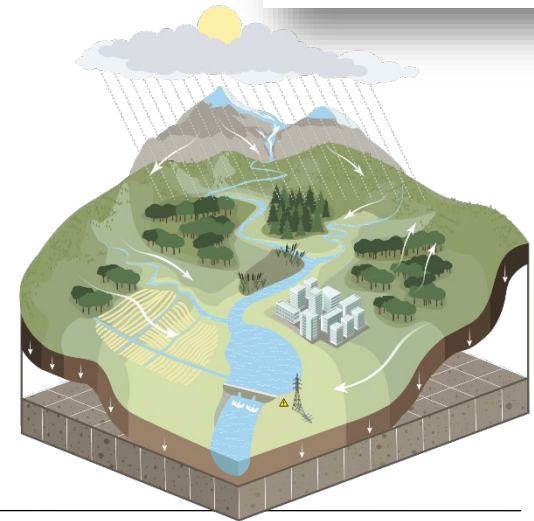
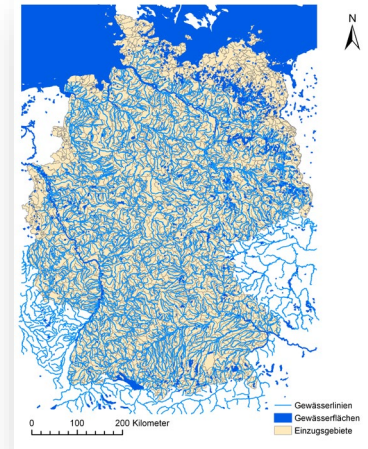
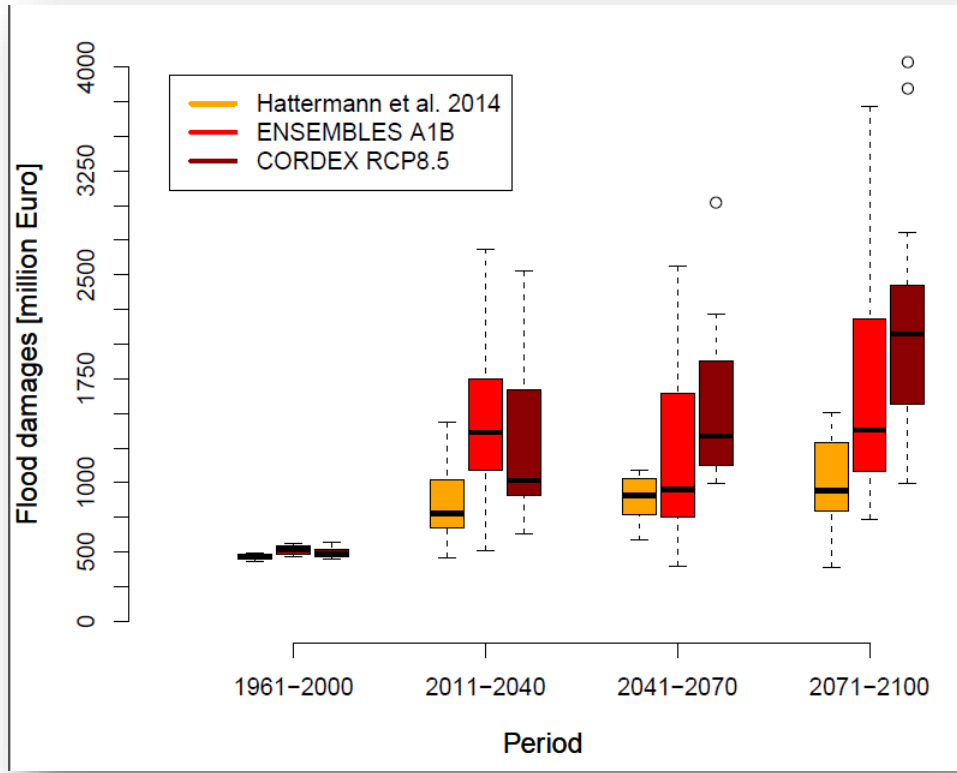
Entfernte
Zukunft

Nahe Zukunft

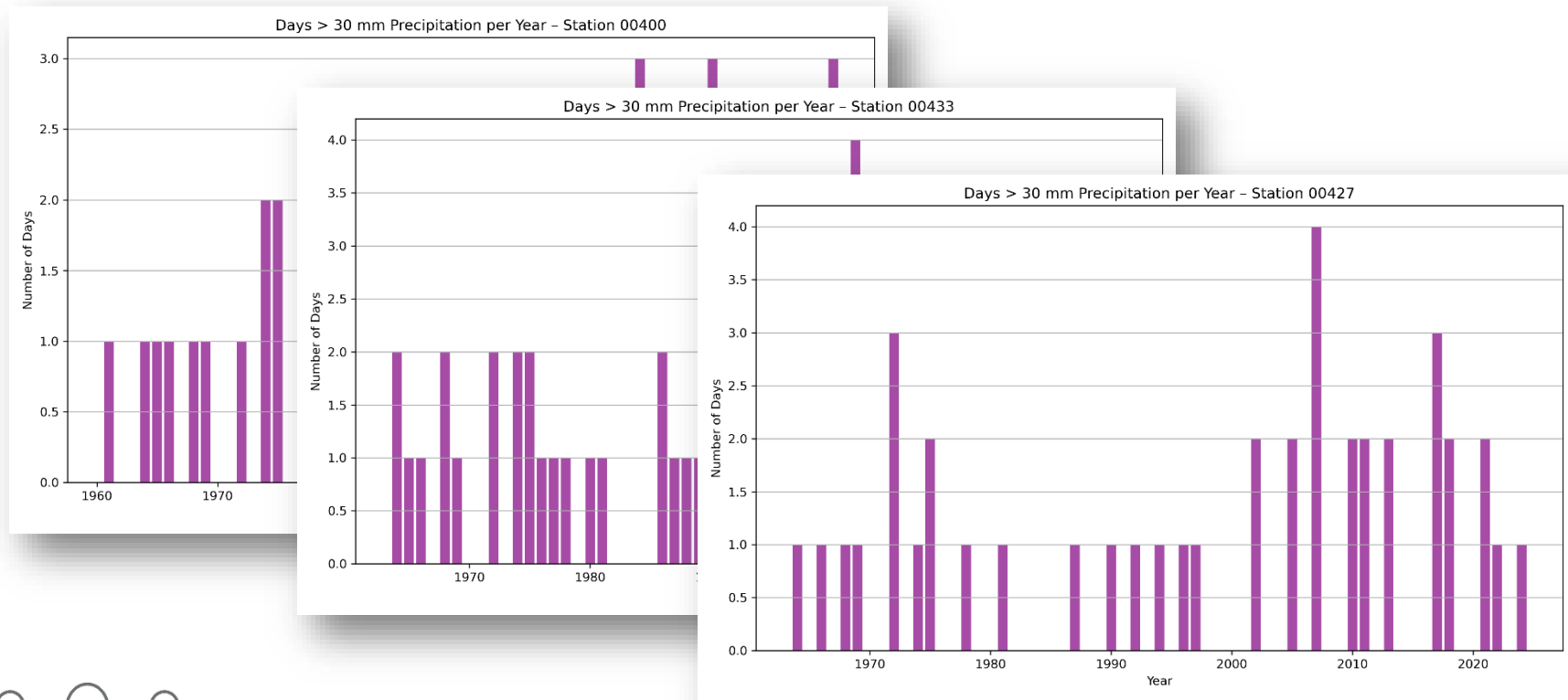
Entfernte
Zukunft

%

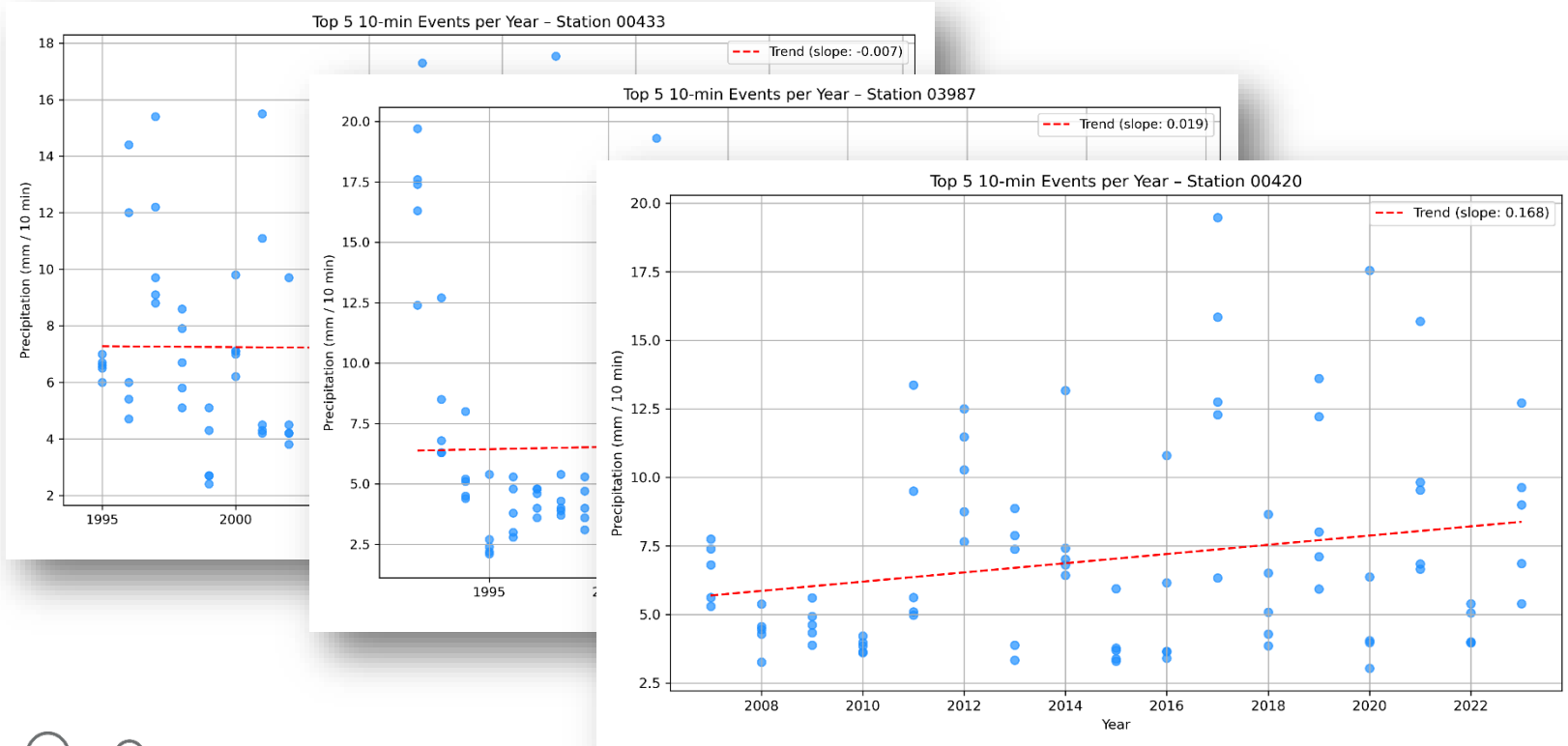
Szenarien zeigen Übereinstimmung zu mehr Hochwassern und Hochwasserschäden unter Klimawandel



Änderung in beobachteten Starkniederschlägen (Berlin, täglich)



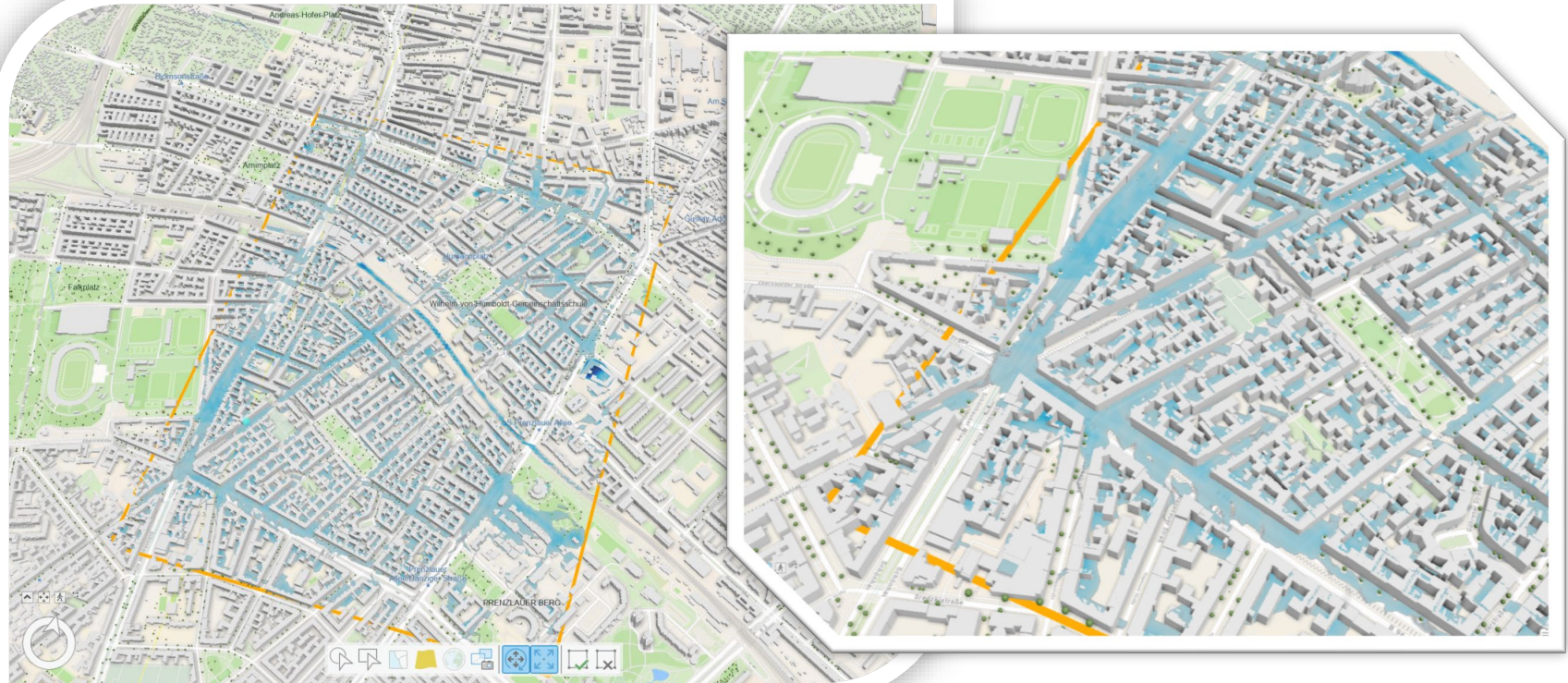
Änderung in beobachteten Starkniederschlägen (Berlin, 10-Minuten)



Und in Zukunft? Projektionen für Szenarien (von geringem zu hohem Temperaturanstieg)



Test: Überflutung in Berlin/ Prenzlauer Berg bei Extremniederschlag



Anpassungen in einer Schwammstadt



Sponge city/urban district in Berlin

Infiltration leads to groundwater recharge and prevention of flash floods

<https://regenwasseragentur.berlin/>

Green roofs for cooling and production

<https://unhabitat.org/programme/city-resilience-profiling-programme>



Zusammenfassung

Der Klimawandel hat bereits zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufs geführt:

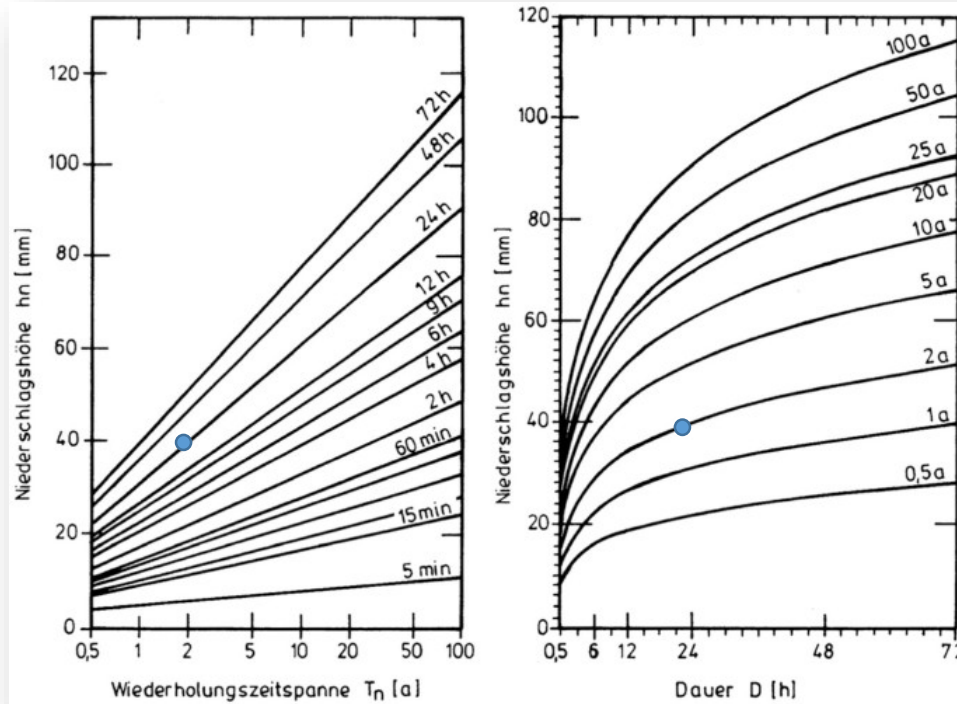
- Je wärmer es wird, desto mehr Energie ist in der Atmosphäre, desto häufiger und intensiver werden die Extreme
- Mehr extreme Hochwasser und
- mehr extreme Dürreperioden
- Unsere Infrastruktur ist nicht mehr an diese Extreme angepasst
- Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass wir die Auswirkungen des Klimawandels auf die Extreme unterschätzen



Vielen Dank!

Niederschlagsdauer – und häufigkeitslinien

Es kommt alle 2 Jahre vor, dass ein Niederschlag von 40 mm in 24 Stunden fällt



Der höchste Niederschlag, alle 2 Jahre innerhalb von 24 Stunden fällt, ist 40 mm

Extremwertschätzung

- Um auch Aussagen über Niederschlagsmengen hoher Wiederkehrintervalle (z. B. $T = 100$ Jahre) zu ermöglichen, ist es notwendig, über den durch die Stichprobe gegebenen Bereich hinaus zu extrapolieren.
- Hierzu schließt man von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit, indem man eine geeignete theoretische Verteilung der Stichprobe möglichst gut anpaßt.
- Dazu sortiert man die Werte nach der Größe
- Nach erfolgter Anpassung kann auf gewünschte Wiederkehrintervalle extrapoliert und somit die Niederschlagsintensitäts - Dauer - Häufigkeits - Kurve ermittelt werden.

