



Berliner Regenreihe #7 – 01. Juli 2022 – Online

Starkregen und Bemessungsniederschlag

Thomas Junghänel
Abteilung Hydrometeorologie
Deutscher Wetterdienst

*mit Beiträgen vieler
Kolleg:innen des DWD*

Inhalt

- Gewinnung von Niederschlagsdaten
- Extremwerte des Niederschlags
- Aktuelle Forschung und Entwicklung (Bemessungsniederschlag)
- Fortschreibung zur neuen Version von KOSTRA-DWD
- Klimaerwärmung und Starkregen



Quelle: DWD-WarnWetterApp

Gewinnung von Messdaten

01. Juli 2022

Thomas Junghänel - Berliner Regenreihen #7 - Starkregen und Bemessungsniederschlag

Wie wird Niederschlag gemessen?

Station

- „Blick von unten“
- **direkt, quantitativ**
- lokale Messung
- Punktmessung
- unregelmäßige Verteilung
- großer Abstand (~15 km)
- **lange Messreihen**



Radar

- „Blick von der Seite“
- indirekt, qualitativ
- **regionale Messung**
- **Flächeninformation**
- regelmäßiges Raster
- hohe räumliche Auflösung (~1 km)
- kurze Messreihen



Satellit

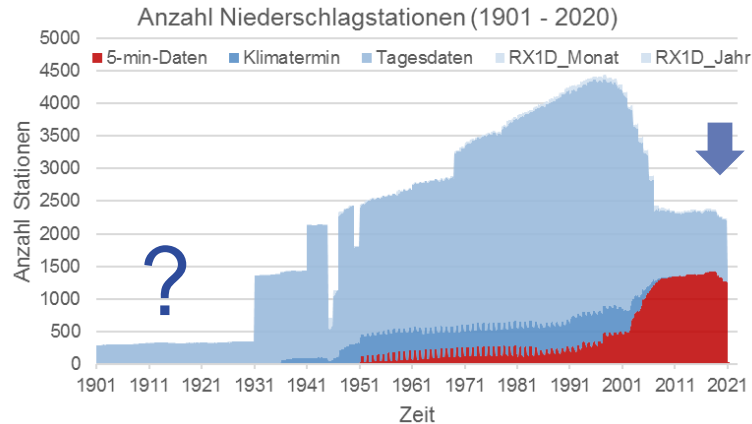
- „Blick von oben“
- indirekt, qualitativ
- **globale Messung**
- **Flächeninformation**
- regelmäßiges Raster
- hohe räumliche Auflösung (~3 km)
- kurze Messreihen



Langjährige Beobachtungen

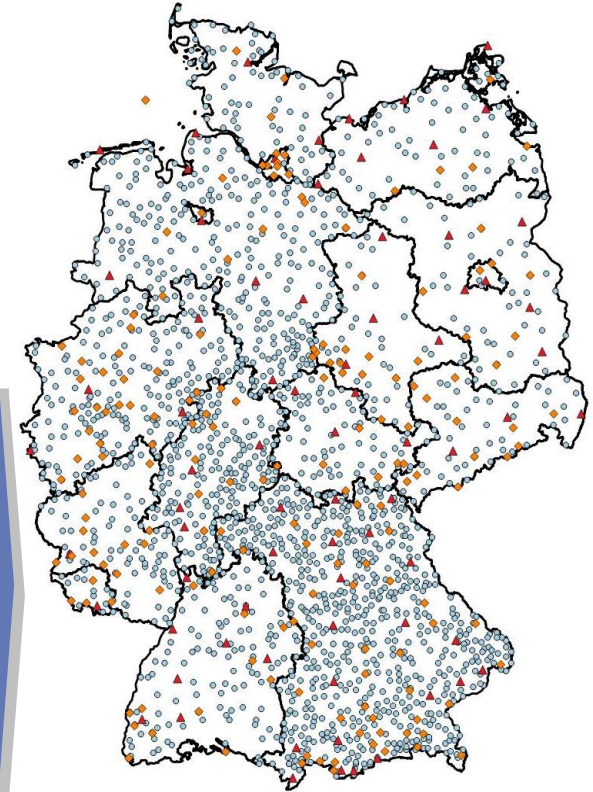
Datengrundlage heute:

- 2300 Tageswertstationen (blau) und davon
- 1300 hochaufgelöste (5 min) Messreihen (rot)



Aktuelle langjährige Datengrundlage:

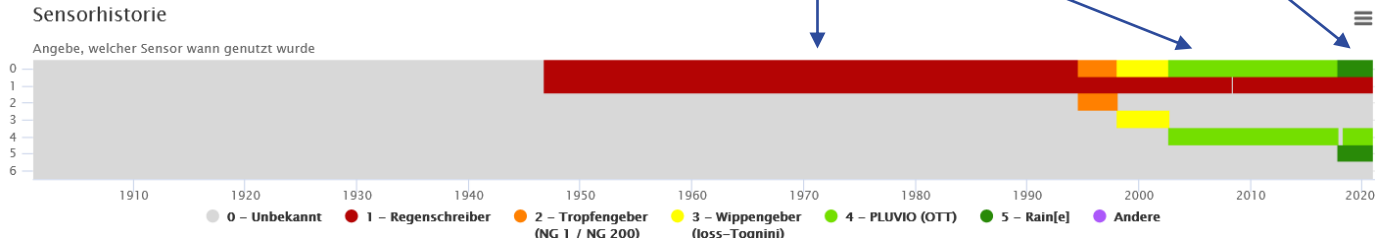
- 1500 Tageswertreihen (blau) und davon
- 90 hochaufgelöste (5 min) Messreihen (rot)



Langjährige Beobachtungen

Regenschreiber:

- Macht gut die Hälfte der Zeitreihe aus
- Digitalisierung als zusätzlicher Schritt notwendig
- Mechanik setzt Grenzen





Quelle: DWD-WarnWetterApp

Extremwerte des Niederschlags

01. Juli 2022

Thomas Junghänel - Berliner Regenreihen #7 - Starkregen und Bemessungsniederschlag

Extremwertstatistische Betrachtung

Dauerstufe – D

ausgewählter Zeitabschnitt mit Niederschlag (einschließlich Unterbrechungen), unabhängig von Beginn und Ende des natürlichen Niederschlagsereignisses

Wiederkehrzeit – T (auch Wiederkehrintervall, Jährlichkeit)

statistisch mittlere Zeitspanne, in der das Auftreten eines Ereignisses einmal zu erwarten ist

Regenspende – R (auch Bemessungsspende)

abzuleitendes Niederschlags-Volumen pro Fläche und Zeiteinheit ($R = N \cdot D$ in [l / s · ha])

Starkregen – Definition I

DWD-Warnschwellen (www.wettergefahren.de)

Starkregen	15 - 25 l/m ² in 1 Stunde 20 - 35 l/m ² in 6 Stunden	
Dauerregen	25 bis 40 l/m ² in 12 Stunden 30 bis 50 l/m ² in 24 Stunden 40 bis 60 l/m ² in 48 Stunden 60 bis 90 l/m ² in 72 Stunden	
Starkregen	> 25 l/m ² in 1 Stunde > 35 l/m ² in 6 Stunden	
Dauerregen	> 40 l/m ² in 12 Stunden > 50 l/m ² in 24 Stunden > 60 l/m ² in 48 Stunden > 90 l/m ² in 72 Stunden	
Starkregen	> 40 l/m ² in 1 Stunde > 60 l/m ² in 6 Stunden	
Dauerregen	verbreitet > 70 l/m ² in 12 Stunden > 80 l/m ² in 24 Stunden > 90 l/m ² in 48 Stunden > 120 l/m ² in 72 Stunden	

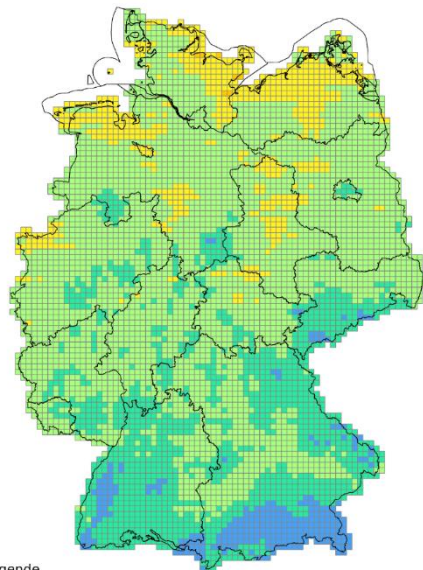
Level 2
 markantes Wetter

Level 3
 Unwetter

Level 4
 extremes Unwetter

Starkregen – Warnschwellen als Wiederkehrzeit

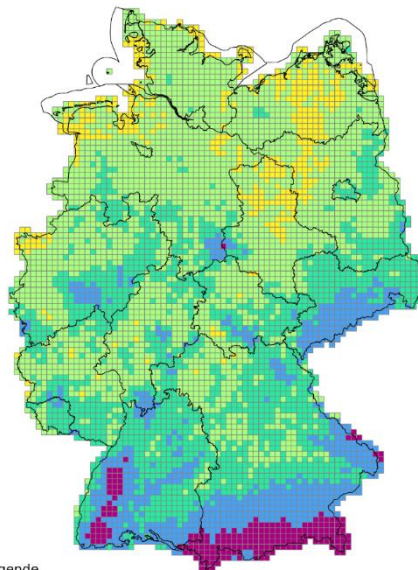
Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD-2010R für
 Schwellenwert 25mm in 1h ("Unwetter")



Klimadaten: (c) Deutscher Wetterdienst, 2017
 Geobasisdaten: (c) GeoInfo-KI/BBKG 2014
 Darstellung: (c) DWD Hydrometeorologie 2017




Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD-2010R für
 Schwellenwert 35mm in 6h ("Unwetter")



Klimadaten: (c) Deutscher Wetterdienst, 2017
 Geobasisdaten: (c) GeoInfo-KI/BBKG 2014
 Darstellung: (c) DWD Hydrometeorologie 2017



Level 3 - Unwetter

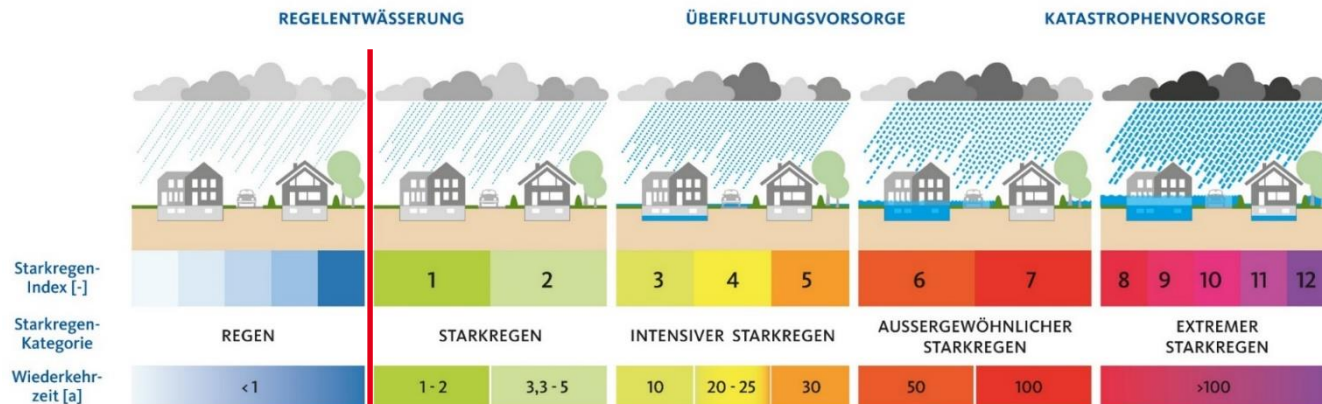


> 25 l/m² in 1 Stunde
 > 35 l/m² in 6 Stunden

Starkregen – Definition II

In der Rückschau oder bei der Planung versteht man unter dem Begriff Starkniederschlag ein **Niederschlagsereignis**, mit einer vergleichsweise hohen Niederschlags-menge in einer bestimmten Zeiteinheit, dass daher selten auftritt. „Selten“ bedeutet in diesem Zusammenhang **im statistischen Mittel am betrachteten Ort nur einmal im Jahr oder seltener.**

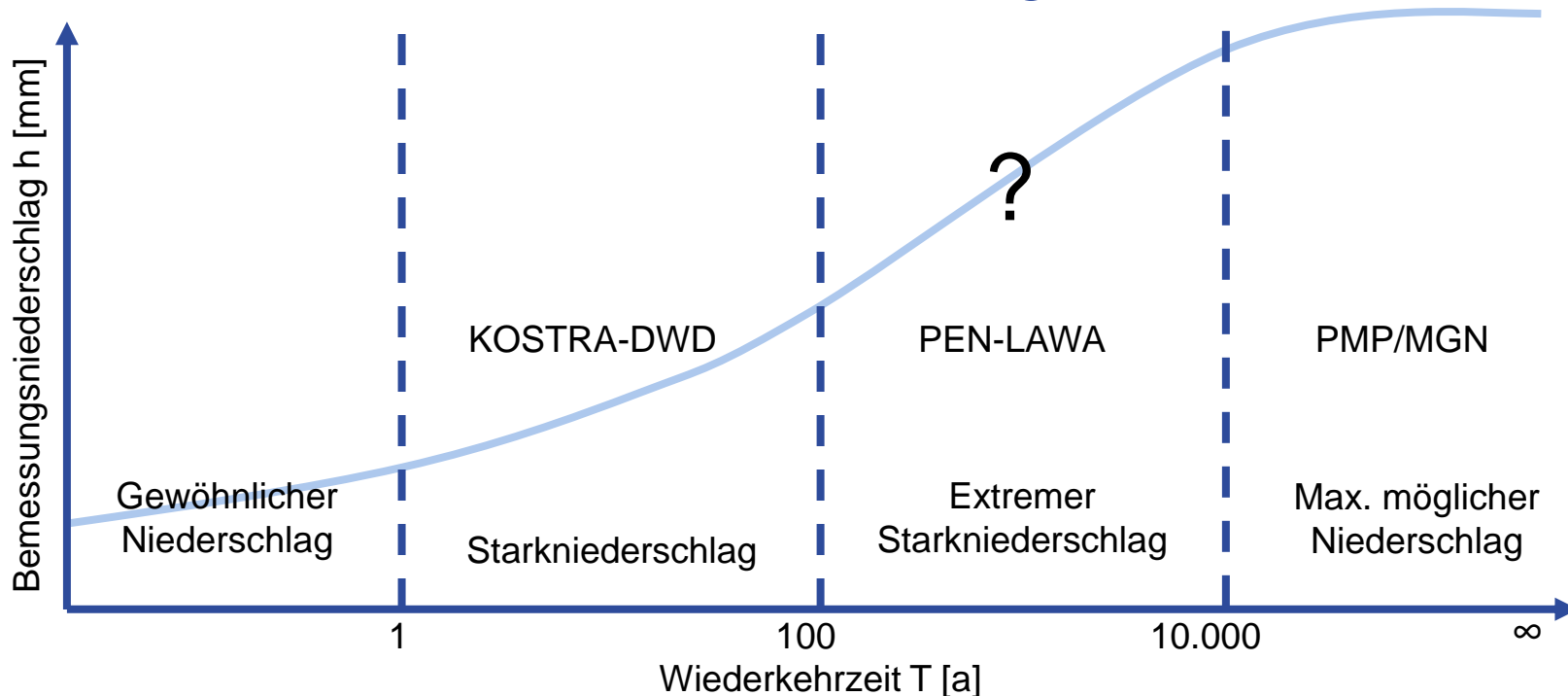
DWD-Wetterlexikon: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102572>



Starkregenindex (SRI)
 nach Schmidt (DWA-M 119)

Abbildung: HamburgWasser (<https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/themen/starkregen/>)

Extremwertstatistische Betrachtung



KOSTRA-DWD

Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung

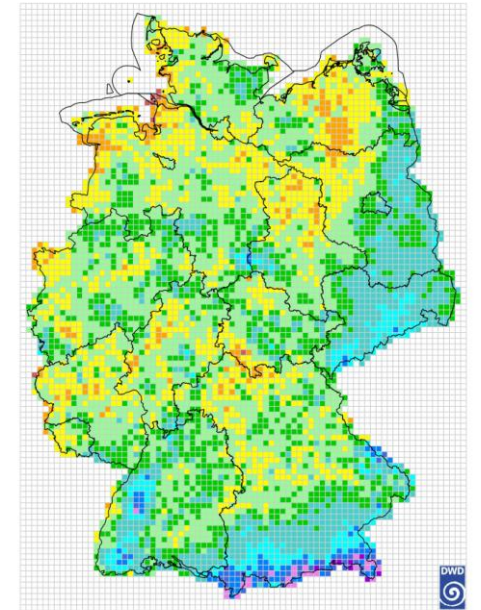
Niederschlagshöhen und Regenspenden für

- ca. 5400 Rasterfelder von je rund 67 km² Fläche,
- 18 verschiedene Dauerstufen zwischen 5 min und 72 h
- insgesamt 9 Wiederkehrintervalle zwischen **1 und 100 a**
- In der Regel ist die Unsicherheit umso höher, je seltener ein Wert überschritten wird, es besteht eine Abhängigkeit vom Wiederkehrintervall T

- $1a \leq T \leq 5a$ $\pm 10\%$
- $5a < T \leq 50a$ $\pm 15\%$
- $50 < T \leq 100a$ $\pm 20\%$

KOSTRA-DWD-2010R

Bemessungsniederschlag
D = 1440 min (24 h), T = 100 a



KOSTRA-DWD

Wiederkehrintervall	Dauerstufe	
$1a \leq T_a \leq 100a$	$5 \text{ min} \leq D \leq 15 \text{ min}$	<p>Bemessung von Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke DIN 1986-100:2008-05</p> <p>Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser DWA- A 138</p>
$T_a = 5a$	$5 \text{ min} \leq D \leq 60 \text{ min}$	<p>Bemessung von Regenrückhaltebecken DWA- A 117</p>
$T_a = 20a$	$5 \text{ min} \leq D \leq 72 \text{ h}$	
$T_a = 100a$	$60 \text{ min} \leq D \leq 72 \text{ h}$	<p>Bewertung von Überschwemmungen infolge extremer Niederschläge unterschiedlicher Dauer</p>
$T_a > 100a$	$12 \text{ h} \leq D \leq 72 \text{ h}$	<p>Planung, Bau und Betrieb von Talsperren und Stauanlagen</p>

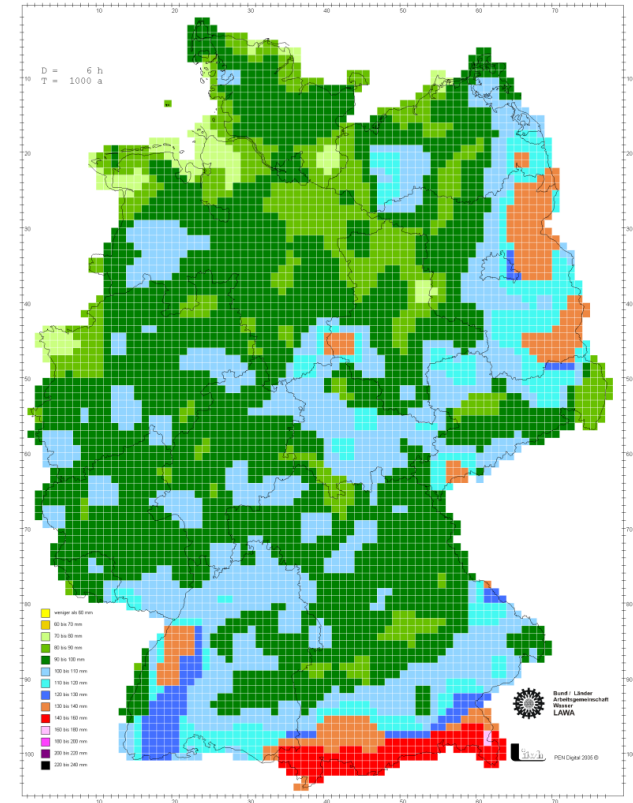


PEN

Praxisrelevanten Extremwerte des Niederschlags

Niederschlagshöhen und Regenspenden für

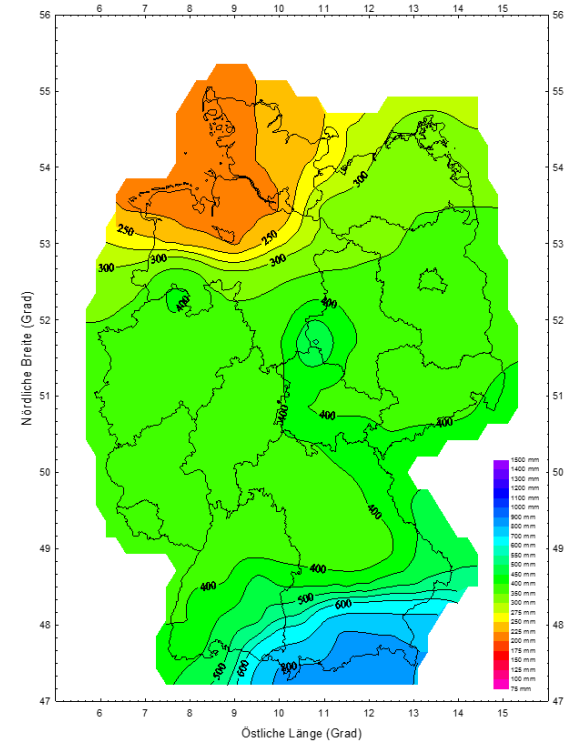
- Setzt auf KOSTRA-DWD auf
- verschiedene Dauerstufen zwischen 15 min und 72 h
- Wiederkehrintervalle **1.000 a und 10.000 a**
- Entwicklung gemeinsam mit Uni Hannover (DWD v. a. beratend beteiligt)
- Richtwerte mit Unsicherheitsbandbreite ($\pm 20\%$ und mehr)



MGN

Maximierte Gebietsniederschläge

- Physikalischer Maximierungsansatz
- 8 verschiedene Dauerstufen von 0,5 h bis 72h
- 4 verschiedene Gebietsgrößen von 25 km² bis 1.000 km²
- DVWK Mitteilungen, Heft 29



Regionalisierte maximierte Gebietsniederschlagshöhe
Dauerstufe D = 24 h, Gebietsgrößenstufe G = 25 km²



Quelle: DWD-WarnWetterApp

Aktuelle Forschung und Entwicklung

01. Juli 2022

Thomas Junghänel - Berliner Regenreihen #7 - Starkregen und Bemessungsniederschlag

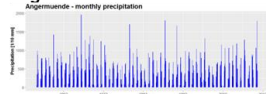
MUNSTAR - Methodische Untersuchungen zur Novellierung der Starkregenstatistik für Deutschland (2018 – 2021)

TP1 Datenkonsolidierung und Wetterradar (DWD)

Historische Daten



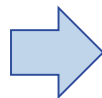
Digitale 5 min Daten



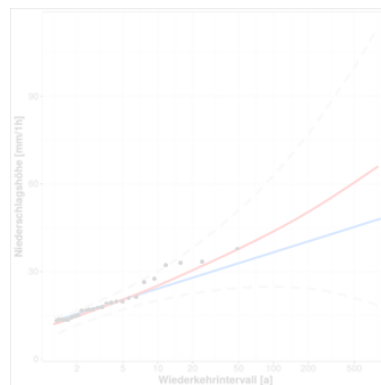
Radar-Daten (Konzepte)



- Aufbereitung und Prüfung der hochaufgelösten Daten
- Aufbereitung Metadaten
- Konzeptentwicklung zur Einbindung von Radardaten



TP2 Lokale Extremwertstatistik (IAWG)



- neue Verfahren zur parallelen Schätzung von Dauerstufe und Wiederkehrzeit
- 3-parametrische Schätzung
- Prüfung instationäre Ansätze



TP3 Regionalisierung von Starkniederschlägen (WAWI)

"KOSTRA-DWD der Zukunft"
© 2018 DWD/DFVLR



- Regionalisierung extremwertstatistischer Parameter
- Einbeziehung auch kürzerer Stationsreihen
- Regionale Abschätzung von Unsicherheiten

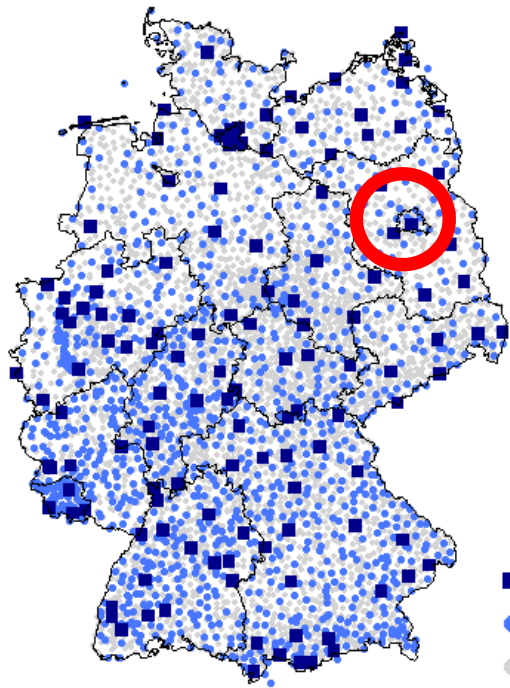
Digitalisierung und Archivierung



- Unterlagen wie Messstreifen wurden als „**Nationales Kulturgut der Bundesrepublik Deutschland**“ eingestuft
→ DWD übernimmt auch Bestände von Partnern
- Dokumentenschonender Stapelscanner
- Großformatscanner zum Scannen von Registrier-Rollen
- Fachgerechte Lagerung für Langzeitarchivierung



Datenakquise und -aufbereitung



1.410 zusätzliche
 Stationsreihen von
 Partnern

191.000
 Beobachtungstage
 von Regenstreifen
 digitalisiert

- Lange Zeitreihen
- Kurze Zeitreihen
- Tageswert Reihen

Historische
 Daten



```
01011001101
10100101101
00110101100
```

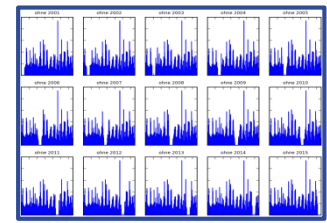
Digitalisierung

Stationsmessnetz



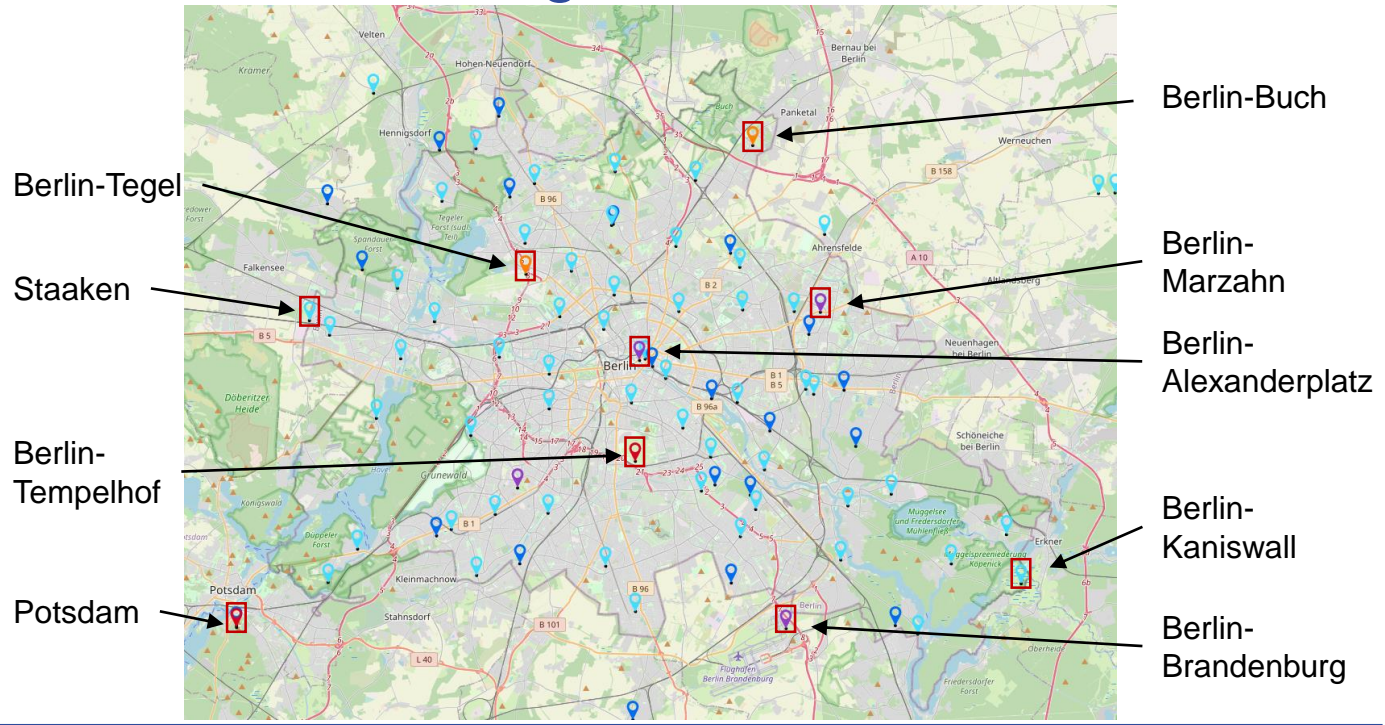
DWD

Partner



Datenakquise und -aufbereitung

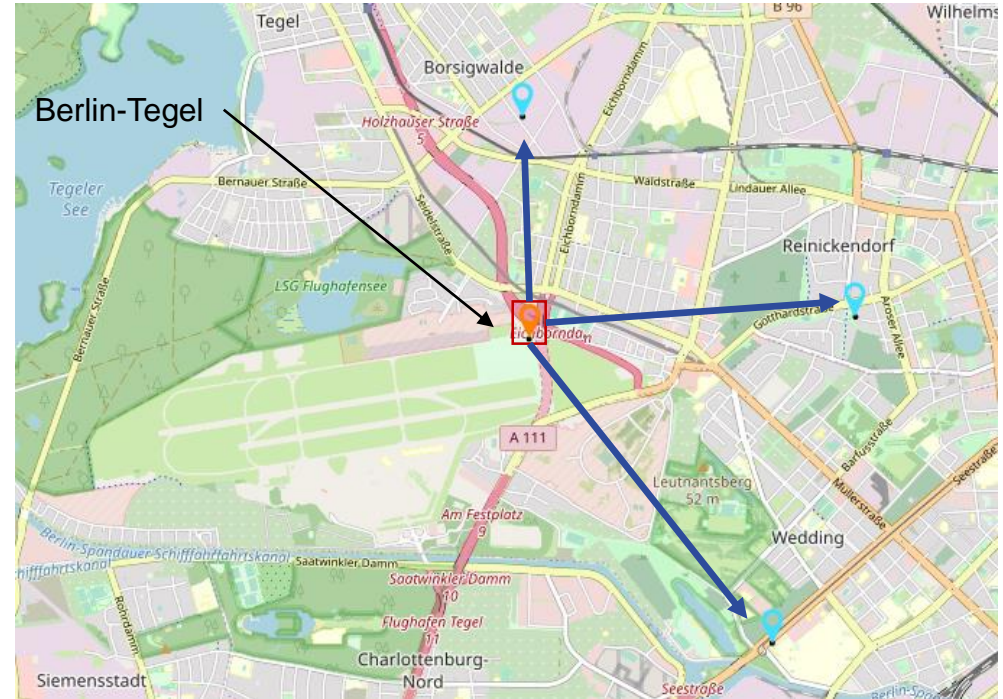
-  Lange Reihe
-  Regenschreiber (alt)
-  Autom. Messung (neu)
-  Regenschreiber (alt) & Autom. Messung (neu)



Datenakquise und -aufbereitung

Berlin-Tegel

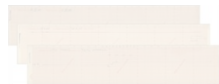
- Messbetrieb mit Schließung des Flughafens eingestellt
- Suche nach Alternative läuft
- Weiterführung Niederschlagsreihe mit Partnerstation



MUNSTAR - Methodische Untersuchungen zur Novellierung der Starkregenstatistik für Deutschland (2018 – 2021)

TP1 Datenkonsolidierung und Wetterradar (DWD)

Historische Daten



Digitale 5 min Daten



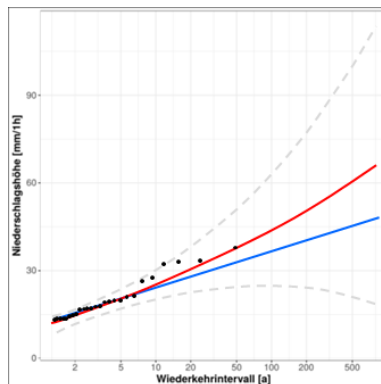
Radar-Daten (Konzepte)



- Aufbereitung und Prüfung der hochaufgelösten Daten
- Aufbereitung Metadaten
- Konzeptentwicklung zur Einbindung von Radardaten



TP2 Lokale Extremwertstatistik (IAWG)



- neue Verfahren zur parallelen Schätzung von Dauerstufe und Wiederkehrzeit
- 3-parametrische Schätzung
- Prüfung instationäre Ansätze



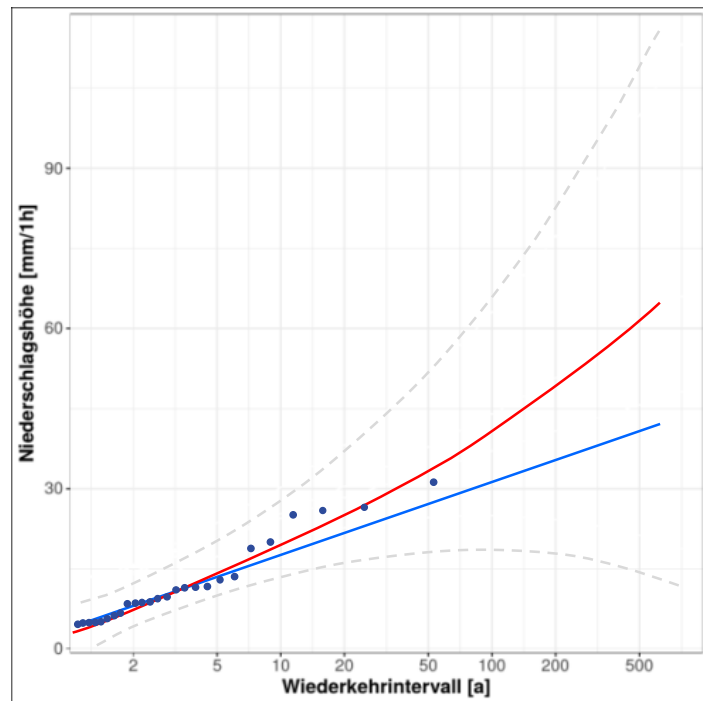
TP3 Regionalisierung von Starkniederschlägen (WAWI)

"KOSTRA-DWD der Zukunft"



- Regionalisierung extremwertstatistischer Parameter
- Einbeziehung auch kürzerer Stationsreihen
- Regionale Abschätzung von Unsicherheiten

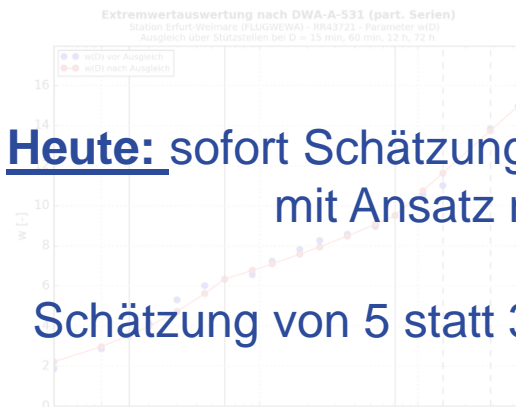
Lokale Extremwertstatistik



- Jahresreihen statt partielle Reihen
- **Extremwertverteilung zeigt Heavy-Tail-Verhalten: Übergang von 2 zu 3 Parameter**
- Unsicherheits- bzw. Toleranz-Bereiche

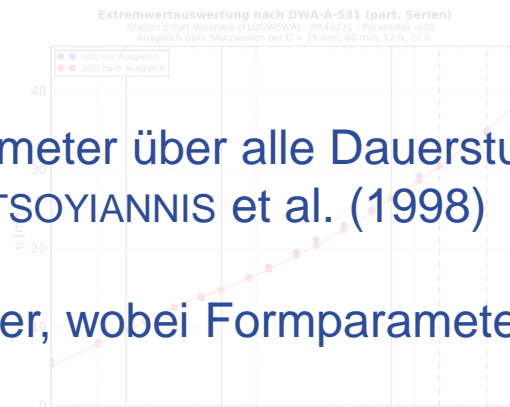
Lokale Extremwertstatistik

Früher: nachträglicher Ausgleich des Lokations- und Skalenparameters (u und w), jeweils in 3 Dauerstufenbereichen



Heute: sofort Schätzung der Parameter über alle Dauerstufen hinweg mit Ansatz nach KOUTSOYIANNIS et al. (1998)

Schätzung von 5 statt 3 Parameter, wobei Formparameter konstant

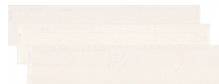


KOUTSOYIANNIS, D., KOZONIS, D. AND MANETAS, A. (1998): A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships. Journal of Hydrology, 206, p. 118–135.

MUNSTAR - Methodische Untersuchungen zur Novellierung der Starkregenstatistik für Deutschland (2018 – 2021)

TP1 Datenkonsolidierung und Wetterradar (DWD)

Historische Daten



Digitale 5 min Daten



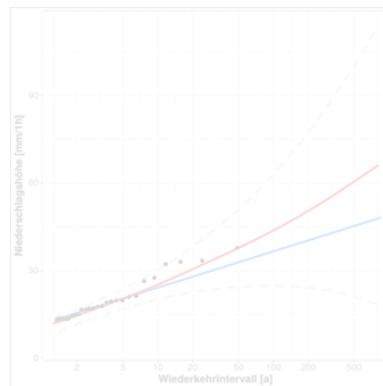
Radar-Daten (Konzepte)



- Aufbereitung und Prüfung der hochaufgelösten Daten
- Aufbereitung Metadaten
- Konzeptentwicklung zur Einbindung von Radardaten



TP2 Lokale Extremwertstatistik (IAWG)

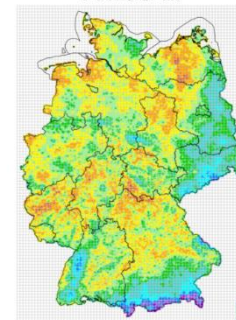


- neue Verfahren zur parallelen Schätzung von Dauerstufe und Wiederkehrzeit
- 3-parametrische Schätzung
- Prüfung instationäre Ansätze



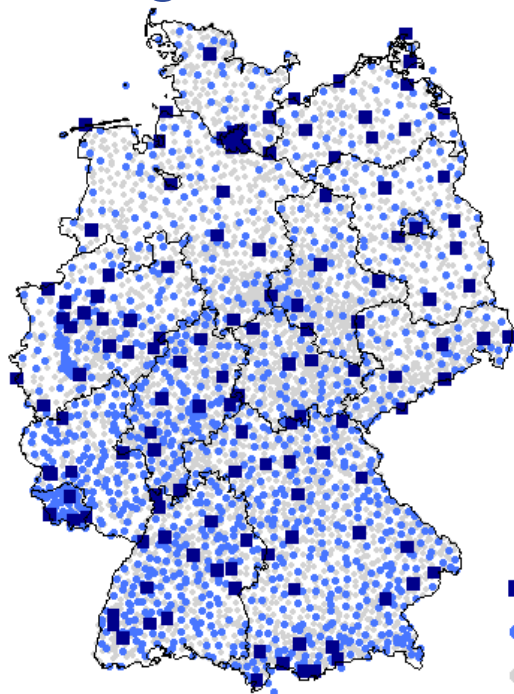
TP3 Regionalisierung von Starkniederschlägen (WAWI)

"KOSTRA-DWD der Zukunft"
 Bemessungsniederschlag
 $D = 1449 \text{ mm} (24 \text{ h}), T = 150 \text{ a}$



- Regionalisierung extremwertstatistischer Parameter
- Einbeziehung auch kürzerer Stationsreihen
- Regionale Abschätzung von Unsicherheiten

Regionalisierung von Starkniederschlägen

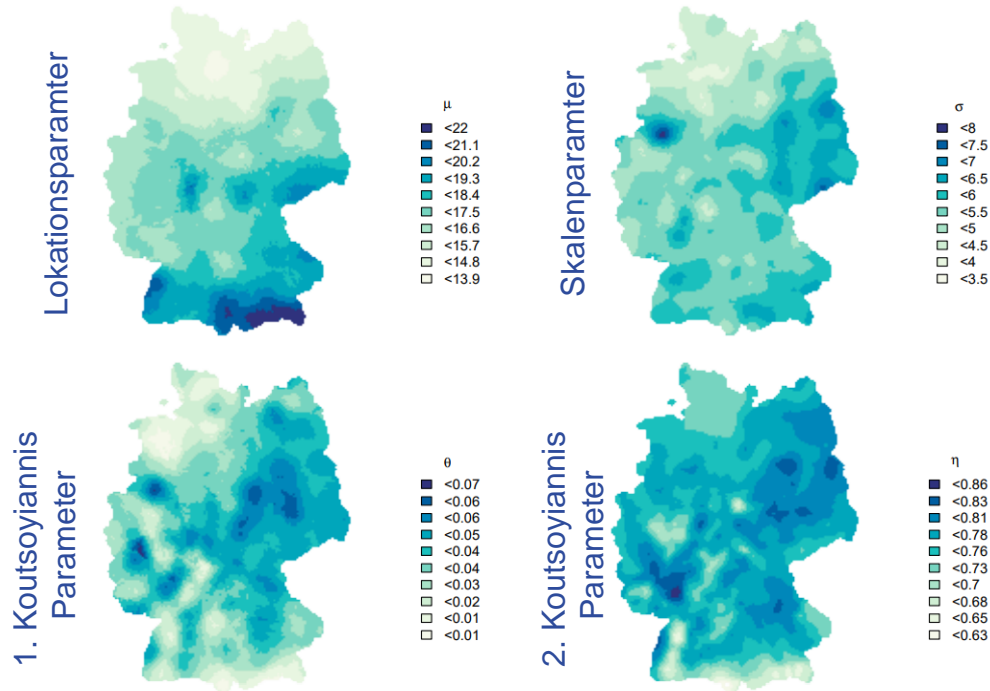


Regionalisierung durch Kriging mit externer Drift (KED)

- Berechnung der Starkregenstatistik an jeder Station
- Regionalisierung der stat. Parameter
- Lange Reihen (LS) bilden den Ausgangspunkt
- Kurze Reihen (SS) werden als externer Drift beim Kriging verwendet
- Tageswert Reihen (DS) finden vorerst keine Anwendung mehr
- Radar-Daten fließen vorerst noch nicht ein

- LS - Lange Zeitreihen (ZRL \geq 50 Jahre)
- SS - Kurze Zeitreihen (ZRL \geq 10 Jahre)
- DS - Tageswert Reihen

Regionalisierung von Starkniederschlägen



Regionalisierte Parameter der GEV,
 Formparameter bleibt konstant 0.1



Quelle: DWD-WarnWetterApp

Fortschreibung KOSTRA-DWD

01. Juli 2022

Thomas Junghänel - Berliner Regenreihen #7 - Starkregen und Bemessungsniederschlag

Zeitplan zur Fortschreibung zur neuen Version

- Prüfung prototyp. Ergebnisse und Sensitivitätsstudien (läuft aktuell)
- Erneute Berechnung mit erweitertem Datensatz auf neuem Gitter (5 km x 5 km; Sommer 2022)
- Erste Informationen zum finalen Datensatz an Schlüsselkunden (September 2022)
- Vorstellung finaler Datensatz für Länder (Oktober 2022)
- Veröffentlichung auf CDC im Herbst 2022 (spätestens nach HM-Kundenforum im November 2022)
- Übergangszeit, damit Softwareanbieter:innen und Anwender:innen auf neue Version umstellen können
- Neuer Datensatz gültig ab 01.01.2023

Vergleich prototypische Ergebnisse mit KOSTRA-DWD

KOSTRA-DWD-2010R

- 2-parametrische Verteilung
- Ausgleich über D in 3 Bereichen
- Daten:
 - Zeitlich hochaufgelöste Daten von 120 Stationen für 1951-1980
 - Zeitlich hochaufgelöste Daten von 80 Stationen für 1951-2010
 - Stundenauswertung für 150 Stationen (KOSTRA-DEKA)
 - Tagesrasterwerte (REGNIE) für $D \geq 24$ h
- Zur Regionalisierung fließen geographische Informationen ein

MUNSTAR

- 3-parametrische GEV
- D-übergreifende Schätzung
- Daten:
 - Zeitlich hochaufgelöste lange Reihen von 133 Stationen (min. 50 Jahre) bis 2020
 - Zeitlich hochaufgelöste kurze Reihen von 1.261 Stationen (min. 10 Jahre) bis 2020
 - Keine zusätzlichen Tageswerte
- Zur Regionalisierung fließen KEINE geographische Informationen ein

Vergleich prototypische Ergebnisse mit KOSTRA-DWD

Wir vergleichen also zwei Datensätze...

- mit verschiedener extremwertstatistischer Methodik
- mit verschiedener Regionalisierungs-Methodik
- mit verschiedenen Eingangsdaten
- mit verschiedenen Bezugszeiträumen



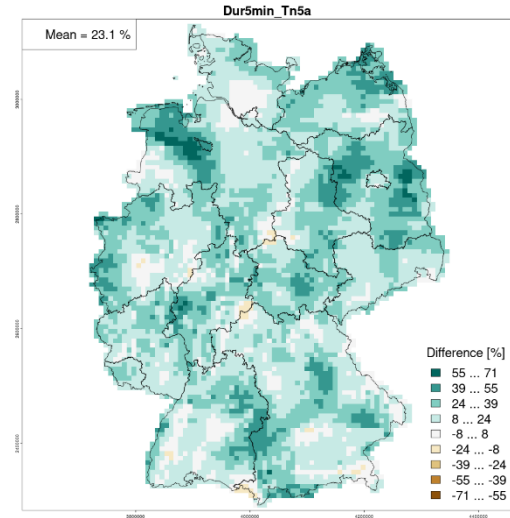
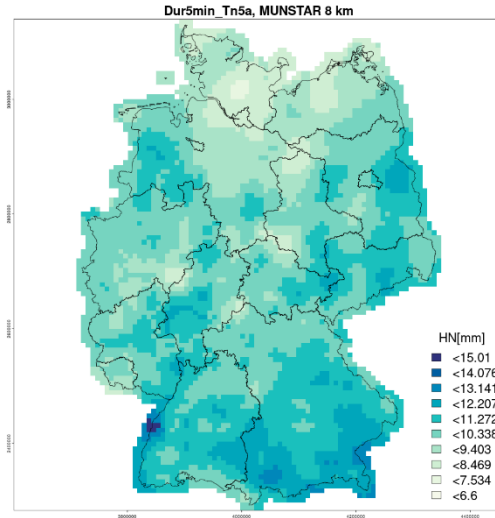
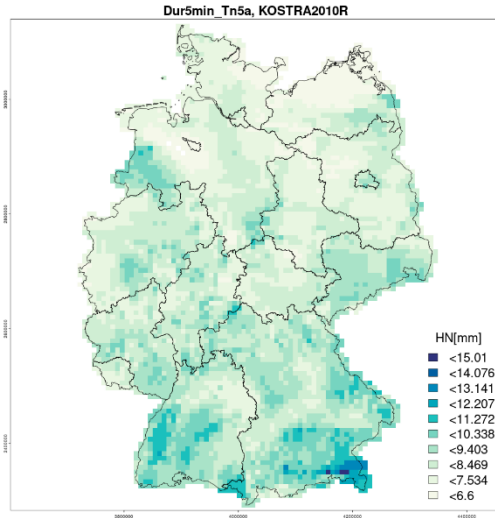
Quelle: gstudioimagen (freepik.com)



Quelle: gstudioimagen (freepik.com)

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD

hn(5 min, 5 a)

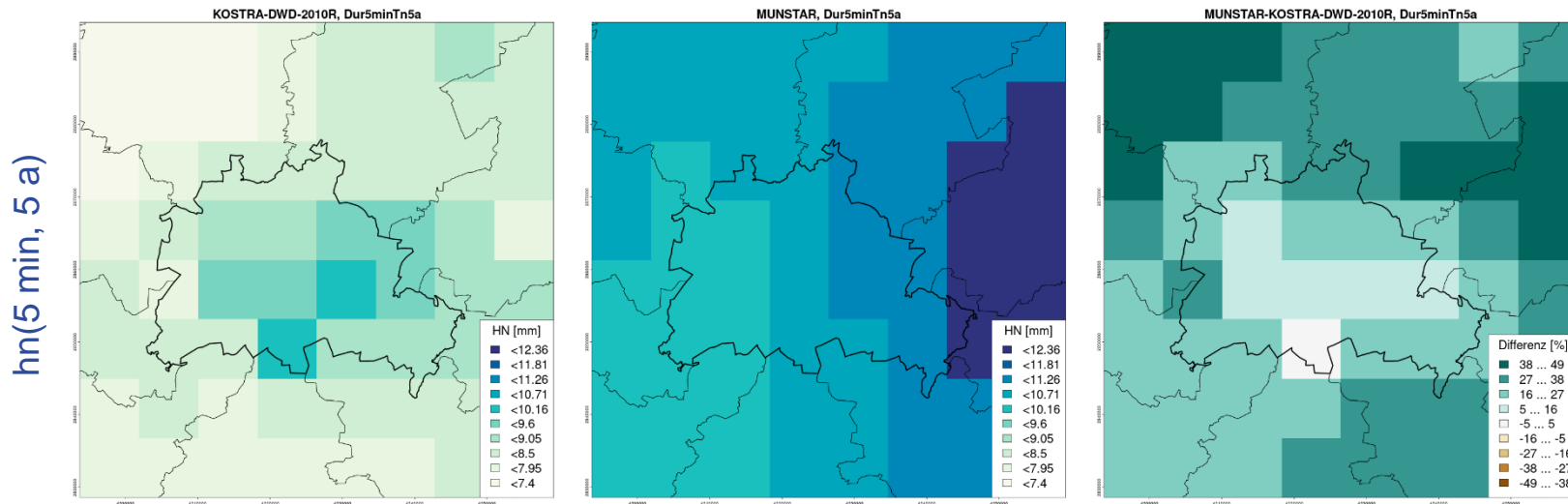


Sehr kurze Dauerstufen (D = 5 min)

- Im Mittel Anhebung hn um 21-40 % je nach Wiederkehrzeit T
- Grund: vor allem Endbetonte Sprungkorrektur Regenschreiber
- Regional auch Absenkung bei selteneren Wiederkehrzeiten T

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD



Sehr kurze Dauerstufen (D = 5 min)

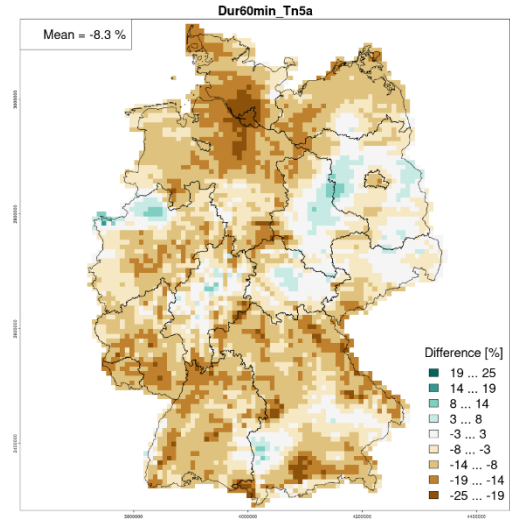
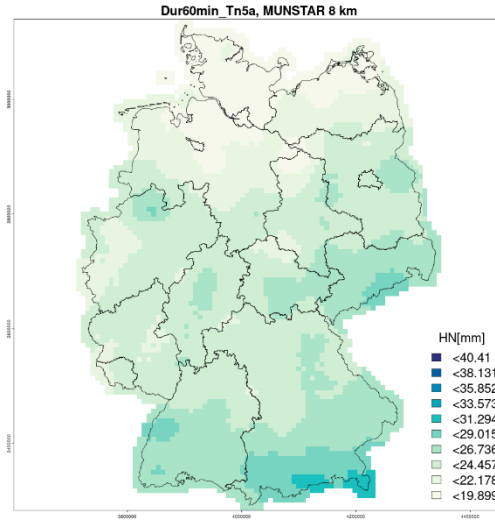
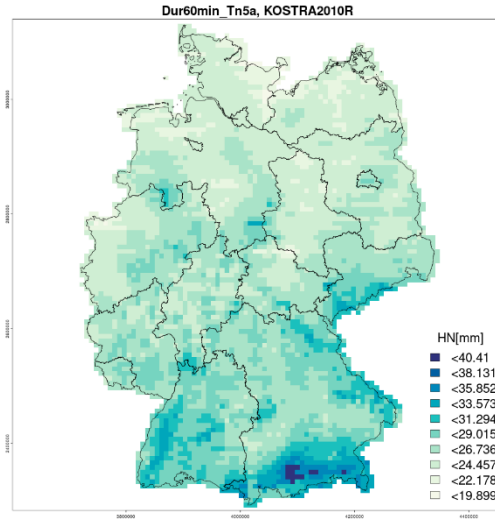
- Im Mittel Anhebung hn um 21-40 % je nach Wiederkehrzeit T
- Grund: vor allem Endbetonte Sprungkorrektur Regenschreiber
- Regional auch Absenkung bei selteneren Wiederkehrzeiten T

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB



Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD

hn(60 min, 5 a)

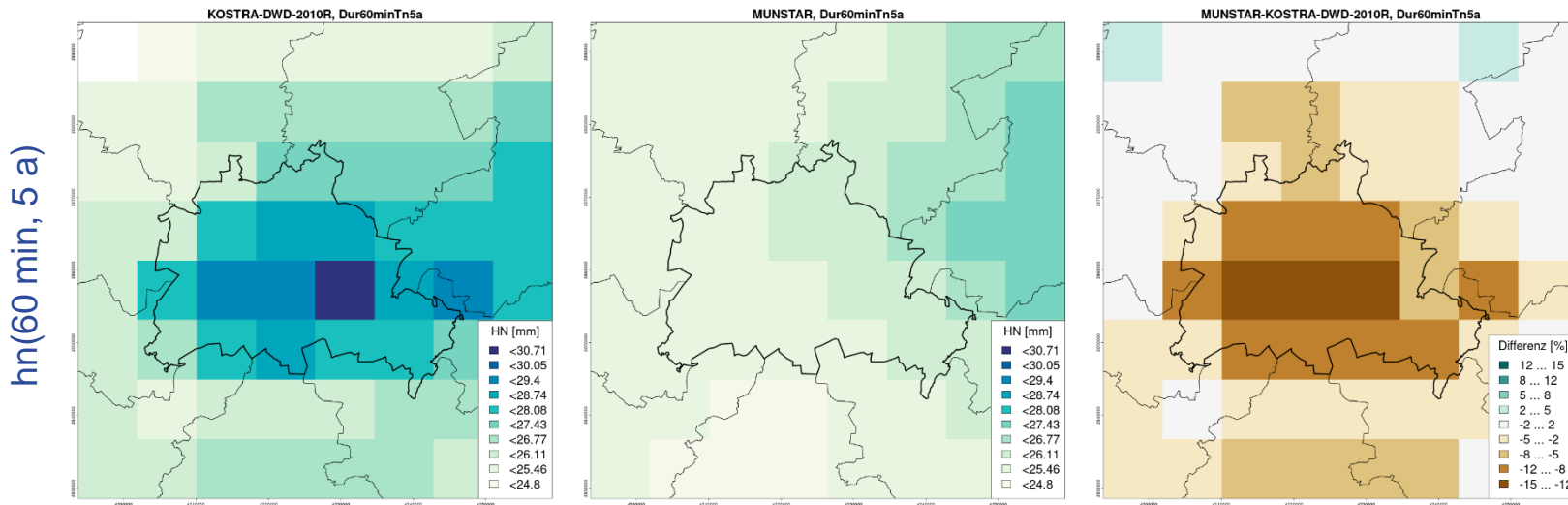


Kurze Dauerstufen (D = 60 min)

- Im Mittel Absenkung hn um bis zu 10% je nach Wiederkehrzeit T
- Grund: vor allem neue Methodik, wahrscheinlich damals Überschätzung durch KOSTRA-DEKA
- Regional auch Anhebung

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD



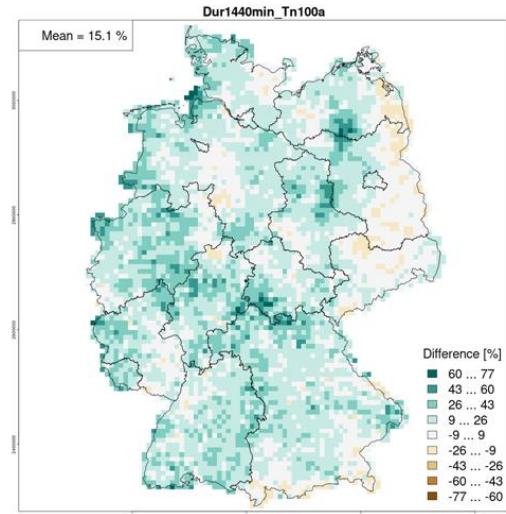
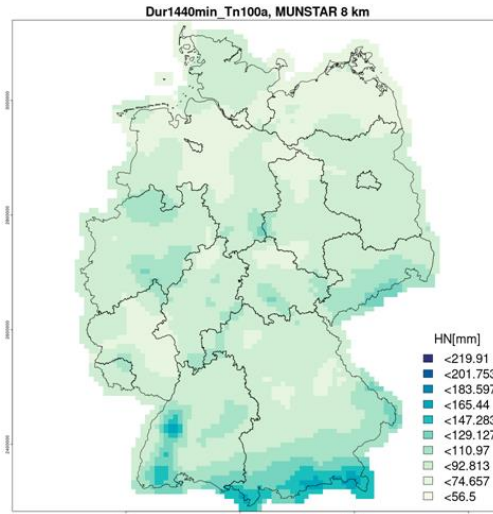
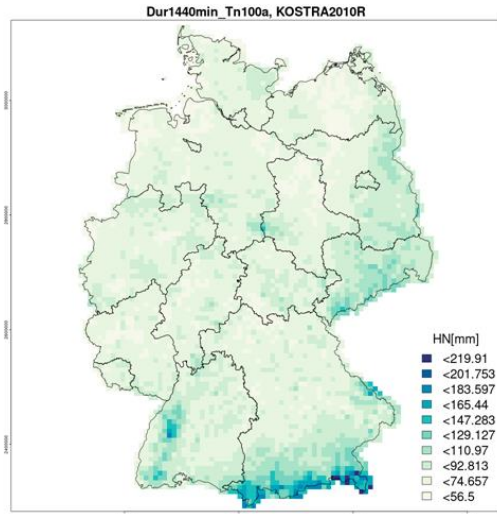
Kurze Dauerstufen (D = 60 min)

- Im Mittel Absenkung hn um bis zu 10% je nach Wiederkehrzeit T
- Grund: vor allem neue Methodik, wahrscheinlich damals Überschätzung durch KOSTRA-DEKA
- Regional auch Anhebung

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD

hn(1440 min, 100 a)

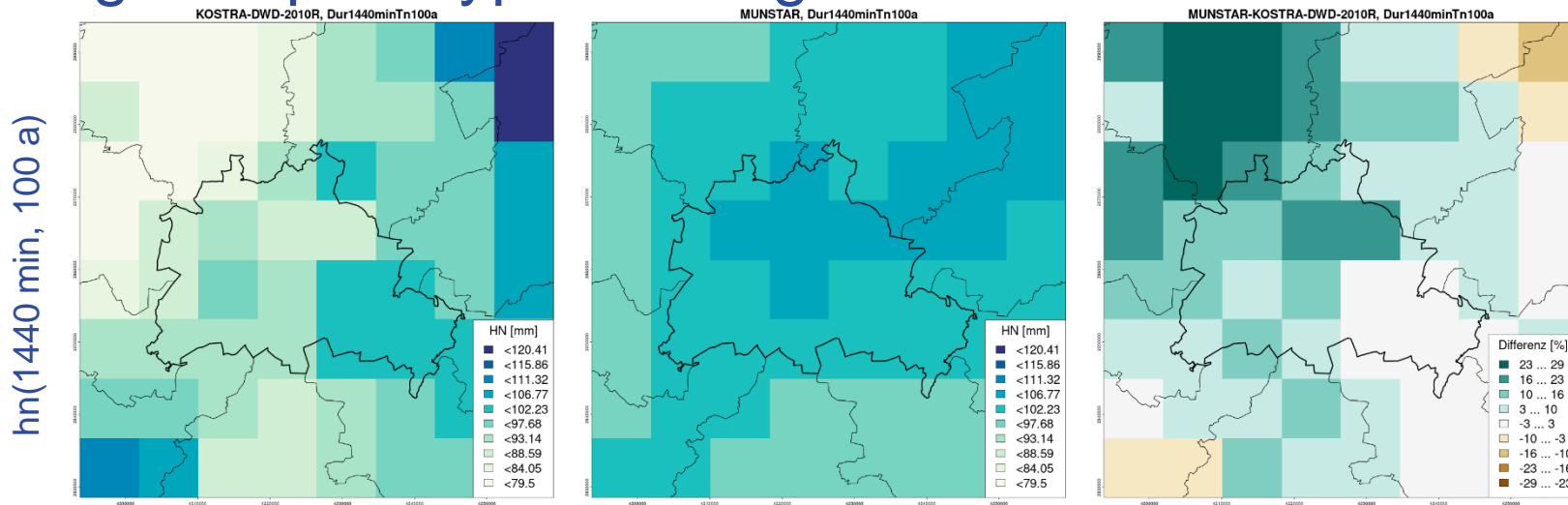


Lange Dauerstufen (D = 24 h)

- Im Mittel Anhebung hn um 2-15 %, vor allem bei seltenen Wiederkehrzeiten T
- Grund: neue Methodik, andere Datenlage, aber auch durch Ereignisse
- Regional auch Absenkung

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD



Lange Dauerstufen (D = 24 h)

- Im Mittel Anhebung hn um 2-15 %, vor allem bei seltenen Wiederkehrzeiten T
- Grund: neue Methodik, andere Datenlage, aber auch durch Ereignisse
- Regional auch Absenkung

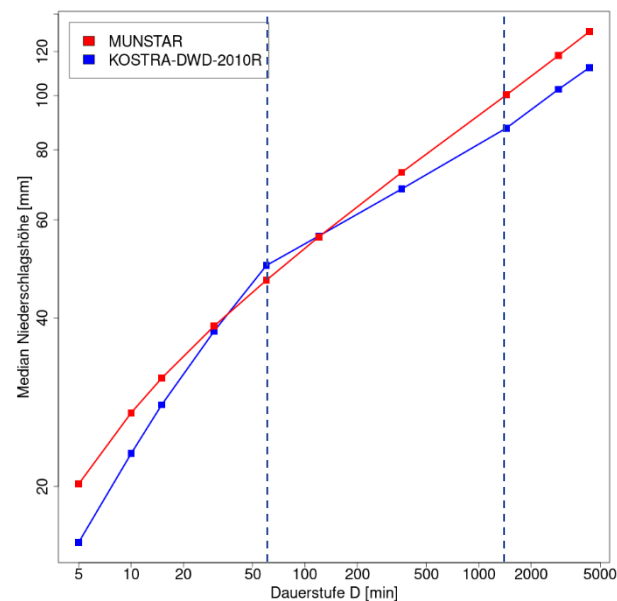
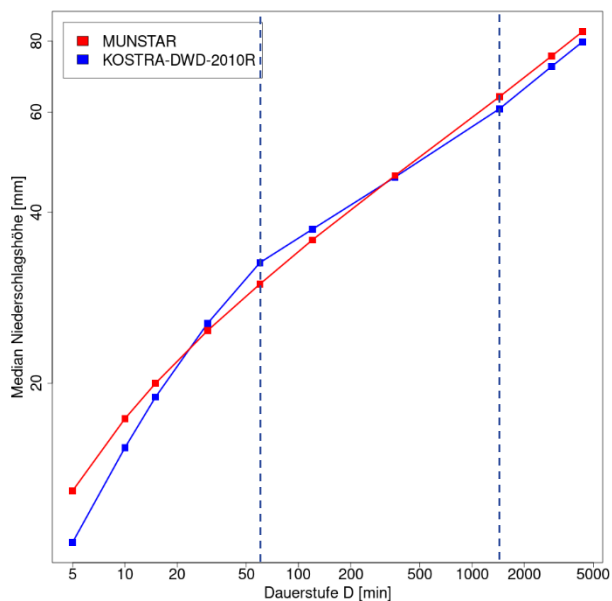
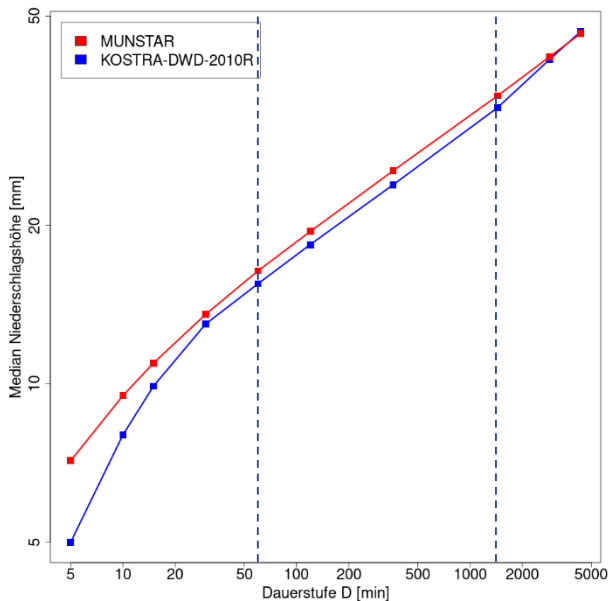
*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD

T = 1a

T = 10a

T = 100a



Vergleich Mediane über jeweilige gesamte Rasterdatensätze (Deutschland)

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB

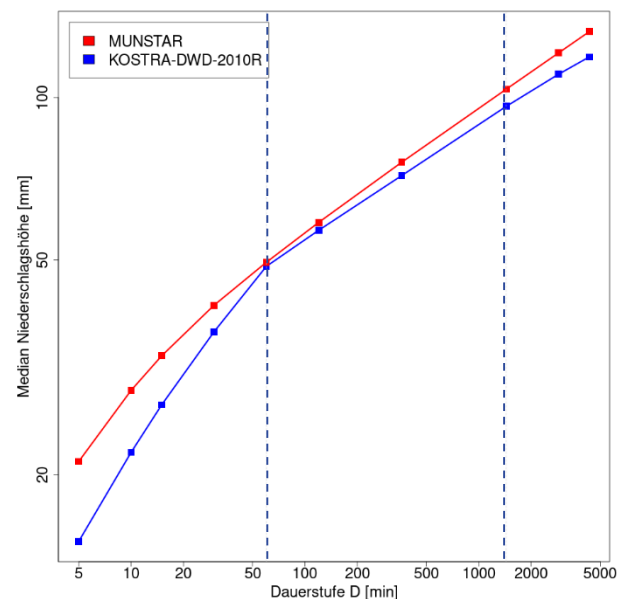
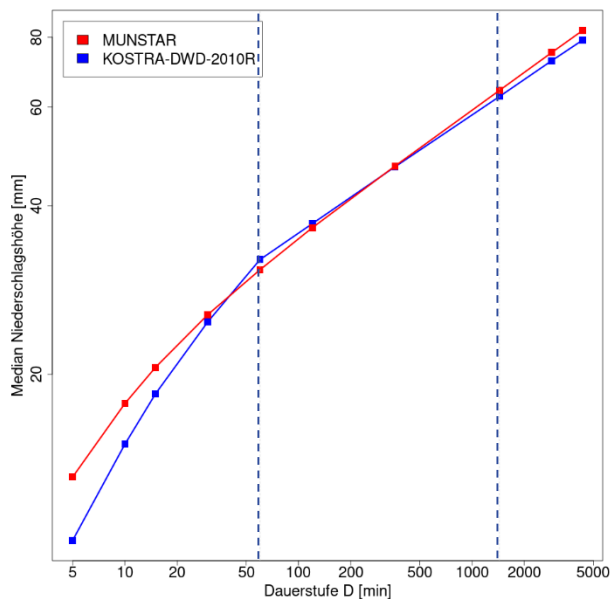
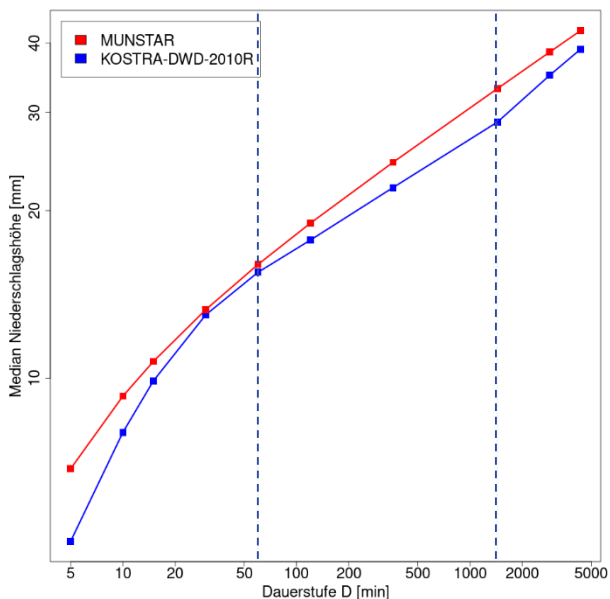


Vergleich prototypische Ergebnisse* mit KOSTRA-DWD

T = 1a

T = 10a

T = 100a



Vergleich Mediane über jeweilige gesamte Rasterdatensätze (Berlin)

*Tegel als kurze Reihe und ohne BWB





Quelle: DWD-WarnWetterApp

Klimaerwärmung und Starkregen

01. Juli 2022

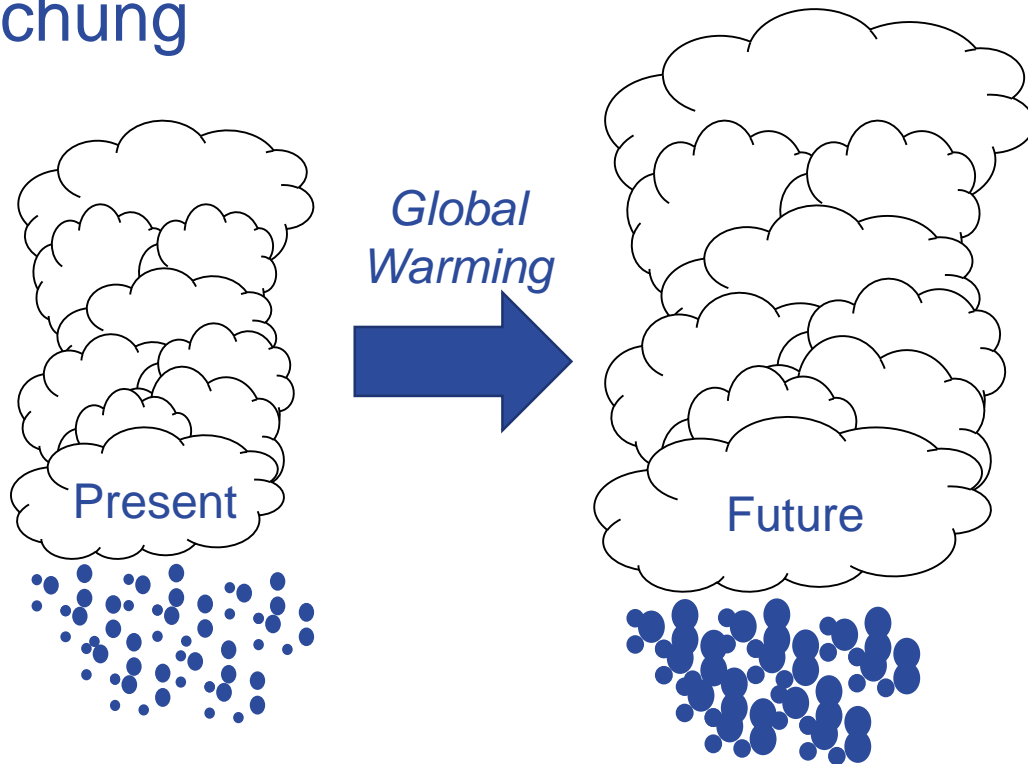
Thomas Junghänel - Berliner Regenreihen #7 - Starkregen und
Bemessungsniederschlag

Clausius–Clapeyron-Gleichung

Erwärmt sich die Atmosphäre im Schnitt um 1 °C , dann nimmt der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre nach der Clausius-Clapeyron-Gleichung um rund 7% zu.

Globaler Temperaturanstieg → Mehr Wasserdampf in der Atmosphäre

Potenziell mehr/intensiverer Niederschlag möglich



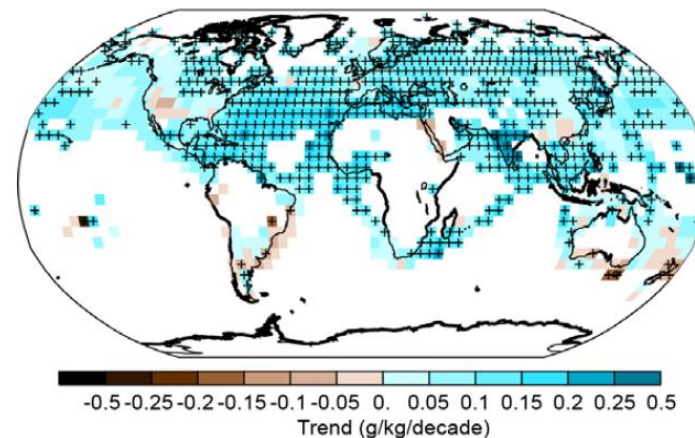
Beobachtete Zunahme des globalen Wasserdampfes

Erwärmt sich die Atmosphäre im Schnitt um 1 °C , dann nimmt der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre nach der Clausius-Clapeyron-Gleichung um rund 7% zu.

Globaler Temperaturanstieg → Mehr Wasserdampf in der Atmosphäre

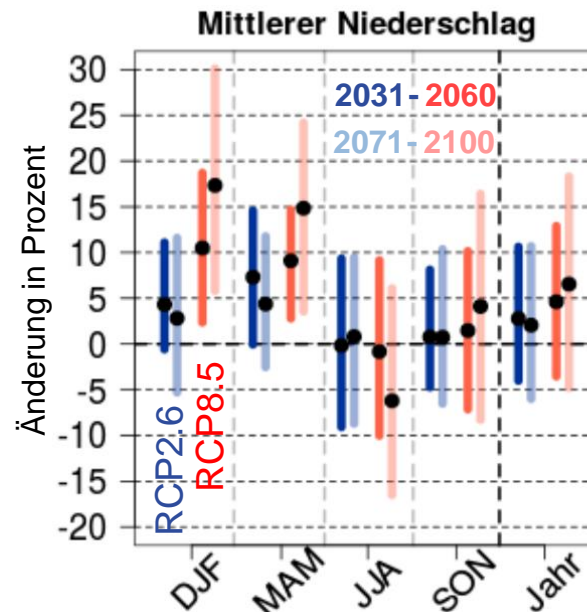
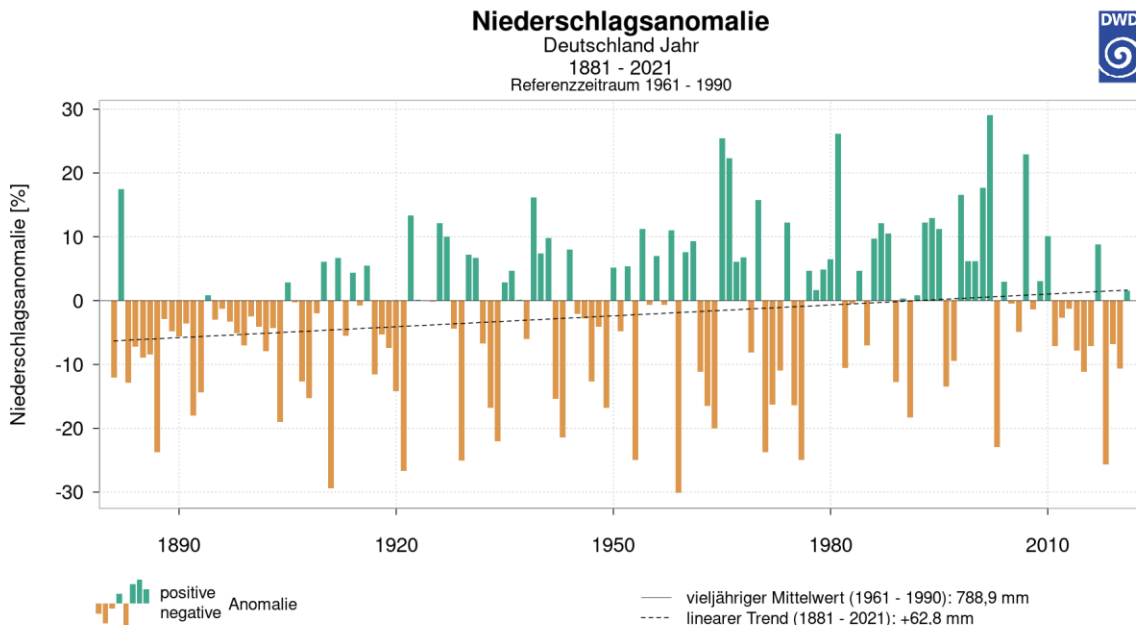
Potenziell mehr/intensiverer Niederschlag möglich

Trend Wasserdampf 1973-2012



Der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre hat verbreitet zugenommen.

Niederschlag in Beobachtung (*links*) und Projektion (*rechts*)

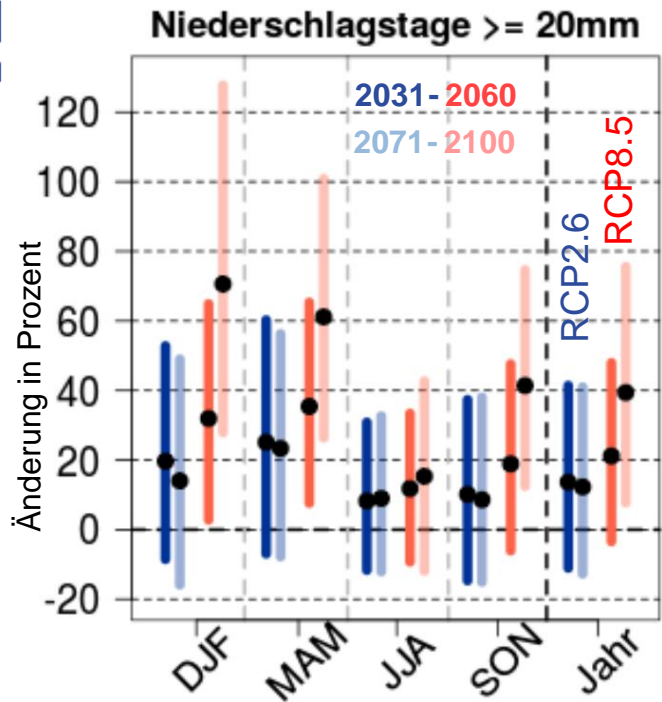
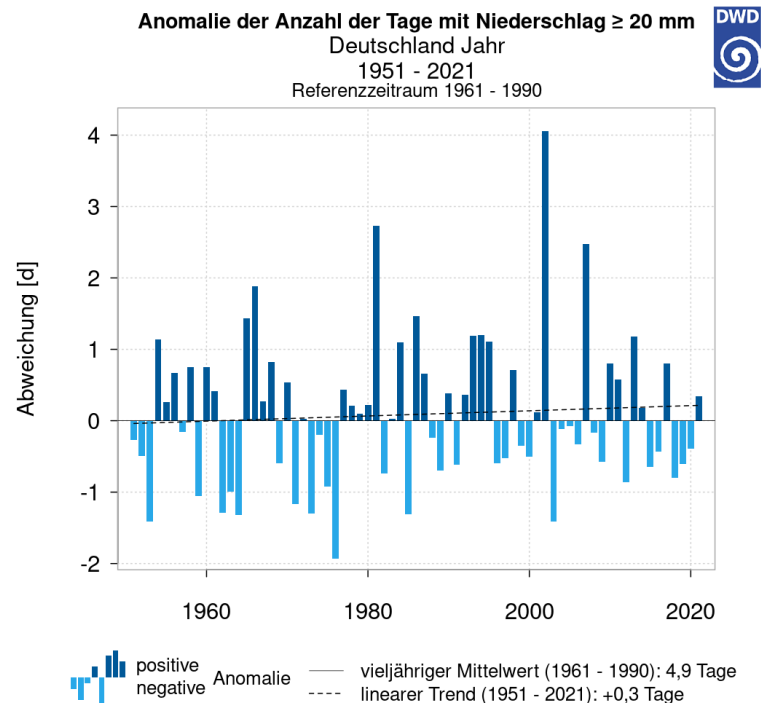


Die dargestellten Gebietsmittel sind Mittelwerte der Rasterfelder von Deutschland mit einer Auflösung von 1km. Quelle: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html>.

Projizierte Klimaänderung (Deutschlandmittel) für die nahe (dunkel) und die ferne Zukunft (hell) im Vergleich zum Bezugszeitraum unter Verwendung des Klimaschutzszenarios (blau) und des Weiterwie-bisher-Szenarios (rot); Quelle: DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02.

Zunahme der Starkregentage

Starkniederschlag in Beobachtung (l) und Projektion (r)

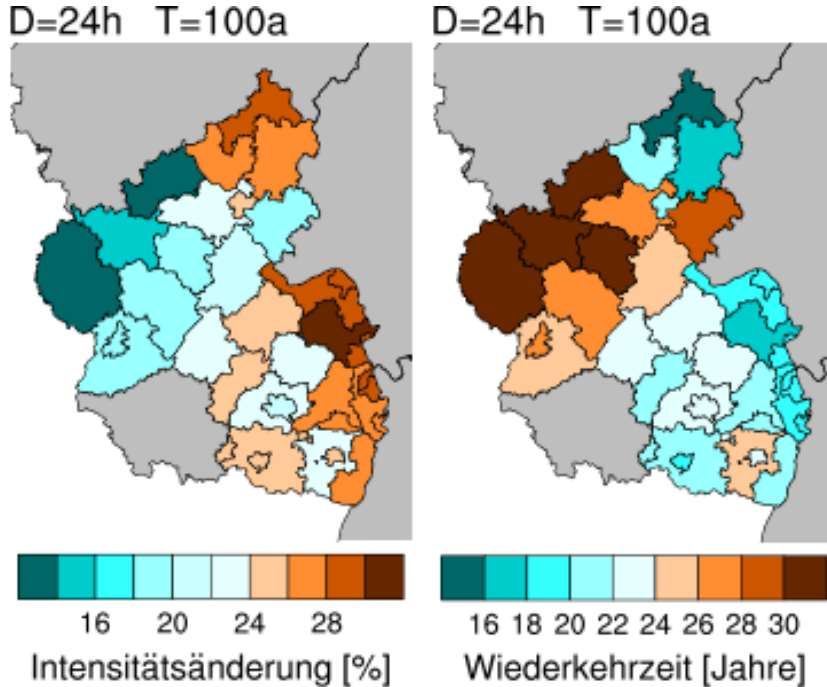


Links:
 Die dargestellten Gebietsmittel sind Mittelwerte der Rasterfelder von Deutschland mit einer Auflösung von 1km. Quelle: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html>.

Rechts:
 Projizierte Klimaänderung (Deutschlandmittel, in %) für die nahe (dunkel) und die ferne Zukunft (hell) im Vergleich zum Bezugszeitraum unter Verwendung des Klimaschutzszenarios (blau) und des Weiter-wie-bisher-Szenarios (rot); Quelle: DOI: 10.5675/ExpNBS2020.2020.02.



Klimaprojektionen zeigen: extreme Niederschläge nehmen zu!



Rheinland-Pfalz im Klimawandel – eine Forschungsstudie

- ➔ Niederschläge mit einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren könnten Ende dieses Jahrhunderts eine um bis zu 15-30% höhere Intensität aufweisen (*links*).
- ➔ Die Häufigkeit von heute 100-jährlichen Niederschlägen könnte sich bis zum Ende dieses Jahrhunderts verdrei- bis versechsfachen (*rechts*).

Quelle: Dr. Harald Rybka - Die Landkreiswerte beziehen sich auf den Medianwert aus 9 EURO-CORDEX-Simulationen für das „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) und den Vorhersagehorizont 2071-2100 (z. B. Vautard et al., 2021, DOI: 10.1029/2019JD032344).

Kontakt

Thomas Junghänel
Deutscher Wetterdienst
Abteilung Hydrometeorologie
Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach am Main

Email: thomas.junghaenel@dwd.de
hydromet@dwd.de

URL: www.dwd.de/kostra

Twitter: https://twitter.com/DWD_klima



70 Jahre

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD



Vielen Dank!