


Wetter- und Niederschlagsvorhersagen der Zukunft

Robert Scholz,
Deutscher Wetterdienst

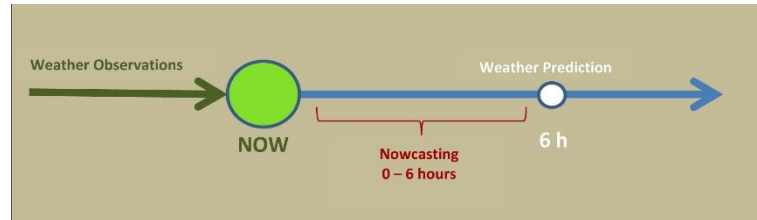
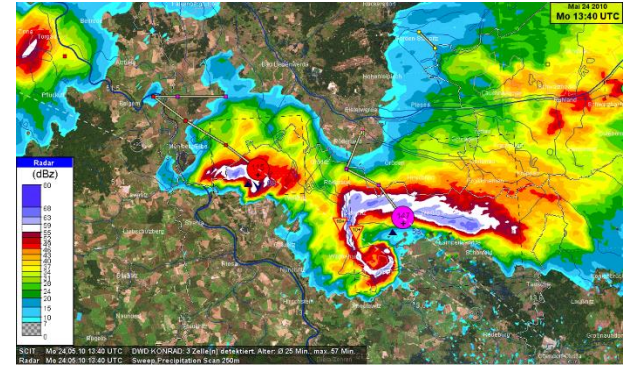
1. Verbesserte Konvektionsvorhersage –
für Gewitter / Starkregen 
2. KI in der Wettervorhersage
3. KOSTRA 2020 (falls noch Zeit)

Wann ist Konvention im Spiel?

Konvektive Saison von
Mitte April bis Mitte September

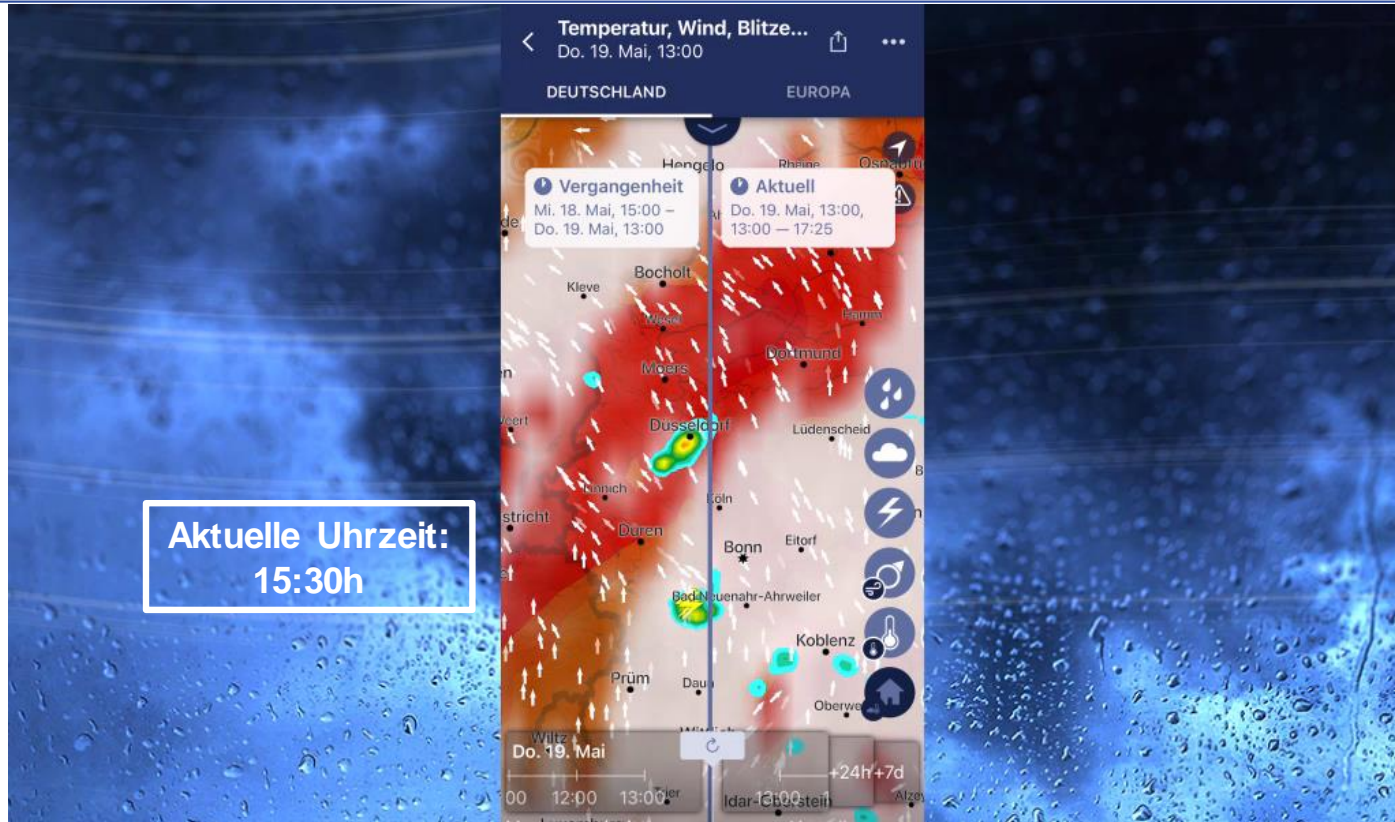
Vorhersagezeit für Niederschlag stark reduziert

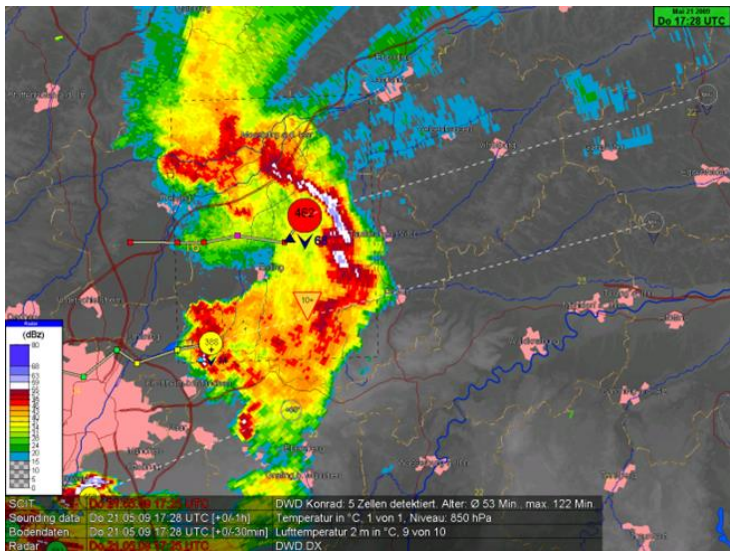
Nowcasting – Vorhersageverfahren
mit Beobachtungsdaten für die nächsten 2 (bis 6 Stunden)



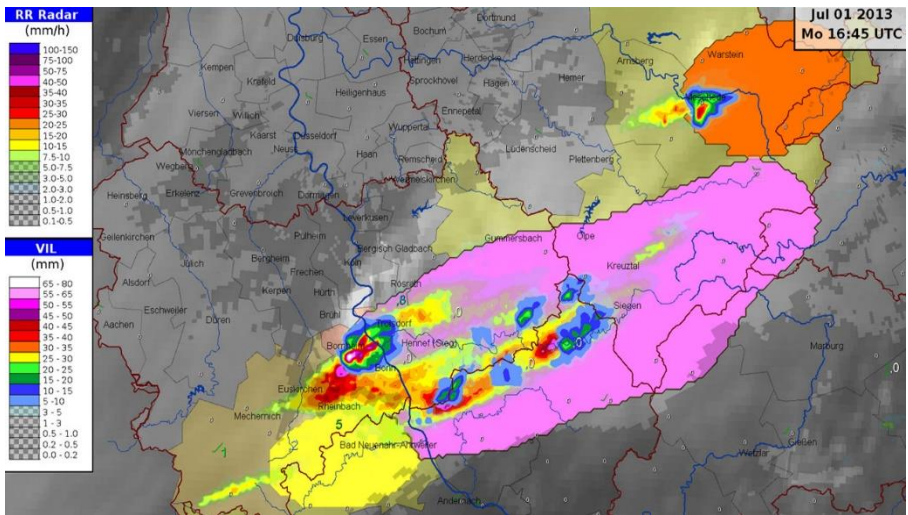
Anschließend Verwendung hochaufgelöster numerischer Wetterprognosen

Bruchkanten in der Vorhersage





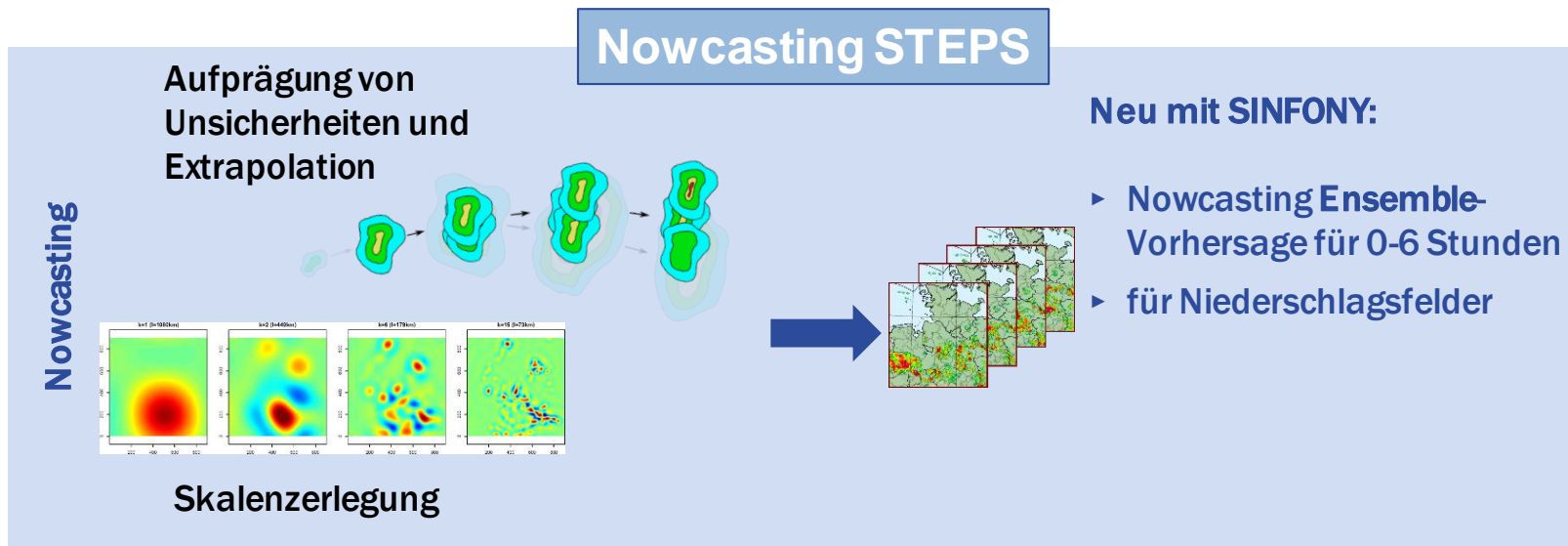
Konrad 3D



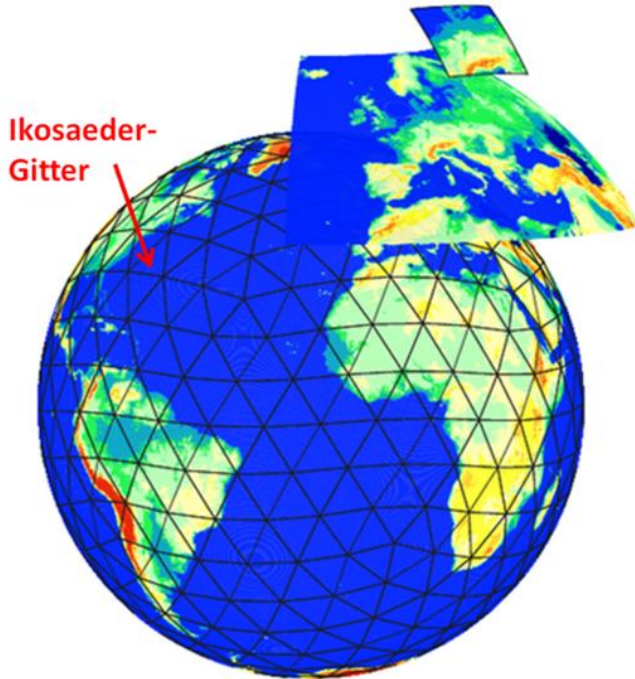
NowcastMix

KI Verfahren schon seit mehr als 10 Jahren im Einsatz



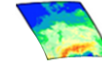


„Nested models“



ICON-D2 EPS
Maschenweite: ca. 2km
Vorhersage: +48 h
alle 3h
ENS Member: 20+1

→
Datenaustausch
(Abzweigung)



**ICON-RUC EPS
(RapidUpdateCycle)**
Maschenweite: ca. 2km
Vorhersage: +14 h
alle 1h
ENS Member: 20+1



↑ ↓
Daten-
austausch

ICON-EU EPS
Maschenweite: ca. 6,5km
Vorhersage: +5 Tage
alle 6h
ENS Member: 40+1

↑ ↓
Daten-
austausch

ICON (global) EPS
Maschenweite: ca. 13km
Vorhersage: +16 Tage
alle 6h
ENS Member: 40+1

bis Ende 2024

Rapid Update Cycle (RUC-EPS)

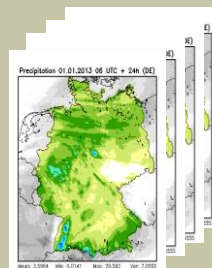
Numerische Wettervorhersage
(konvektionsauflösend)

ICON
Modell
optimiert
2-Mom Schema
Wolkenmikrophysik



Mehr Daten f.
Assimilation

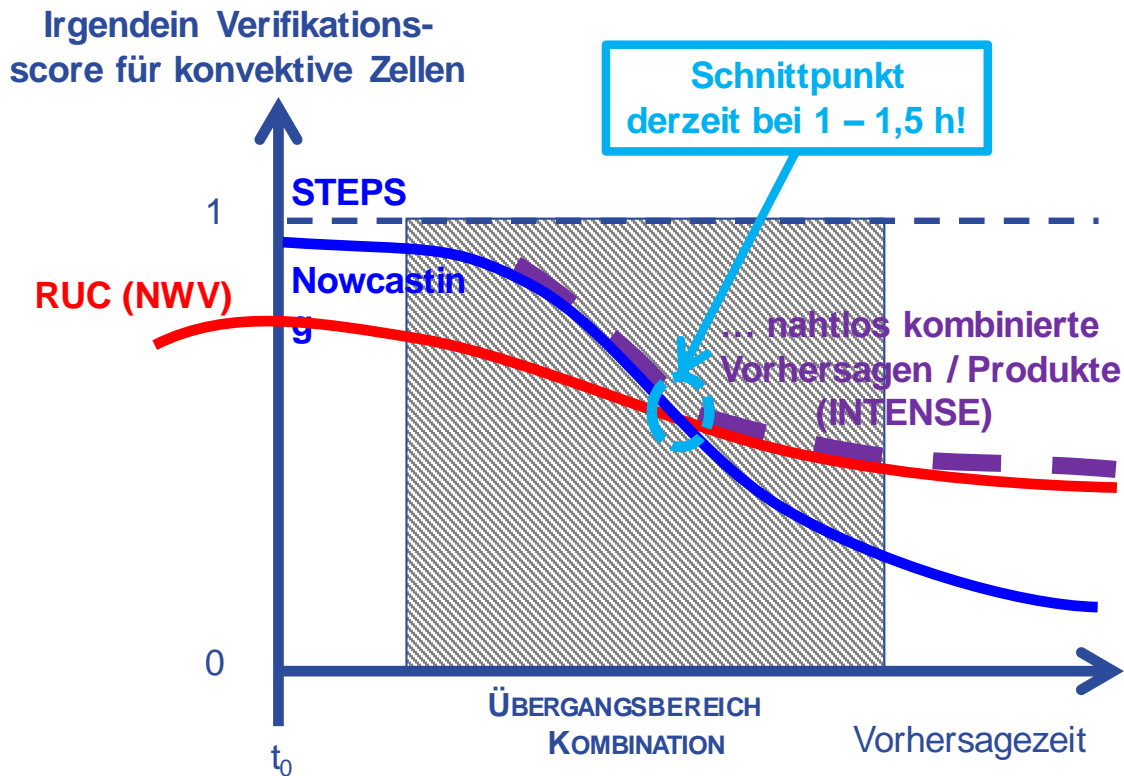
Super
Computer



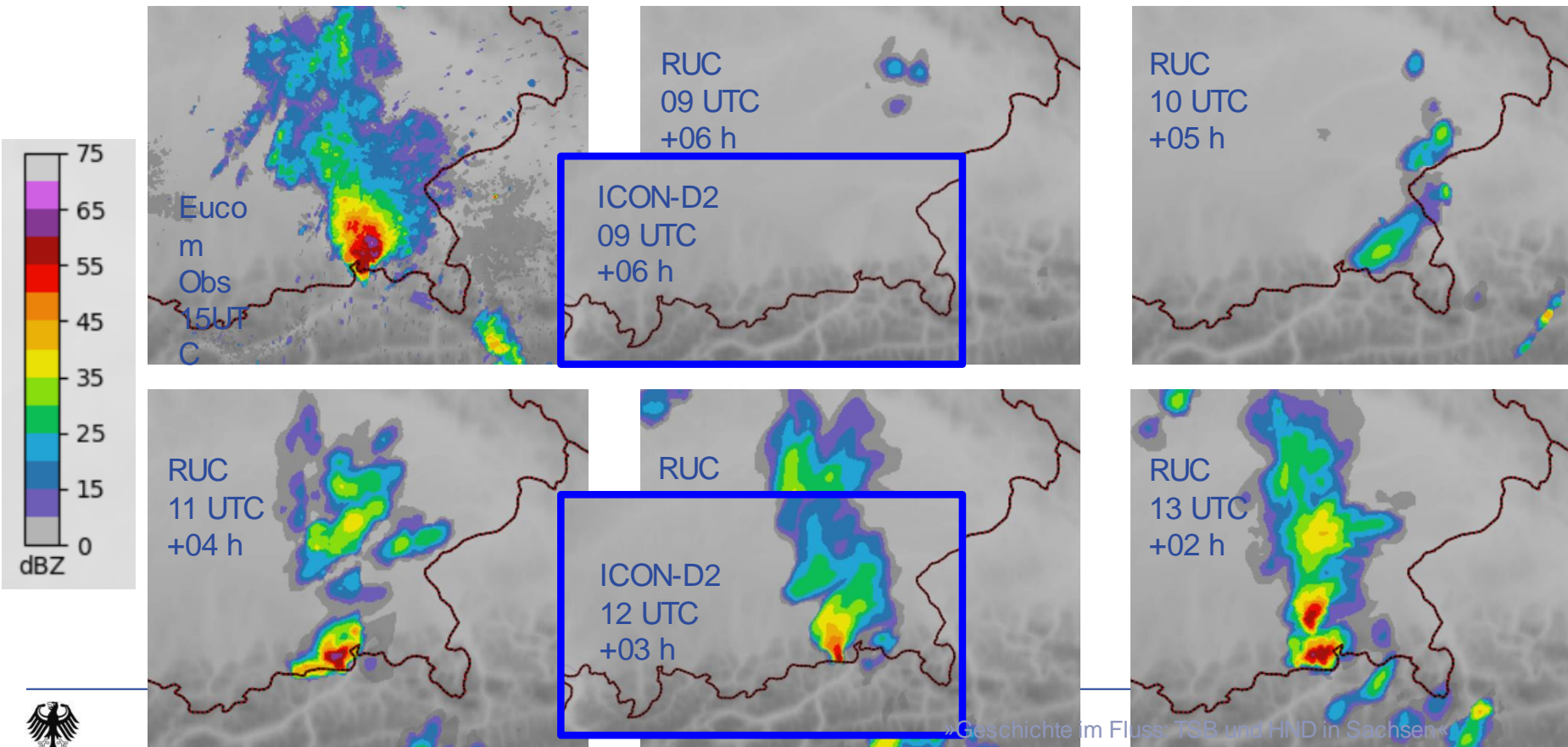
Neu mit SINFONY:

- ▶ ICON Ensemble-Vorhersage für 0-14 Stunden
- ▶ Aktualisierung jede Stunde
- ▶ Verfügbar nach 60min

Nowcasting + Computermodell (Ensemble)



Vorhersage einer Superzelle am 20.6.2024



SINFONY ICON-D2 RUC wird
stündlich neu gestartet

Vergleich Verifikation

ICON-RUC und operationelles ICON-D2
gegen Radarbeobachtung

Parameter: **Niederschlagssumme 1h**

Score: **Fraction Skill Score (FSS)**

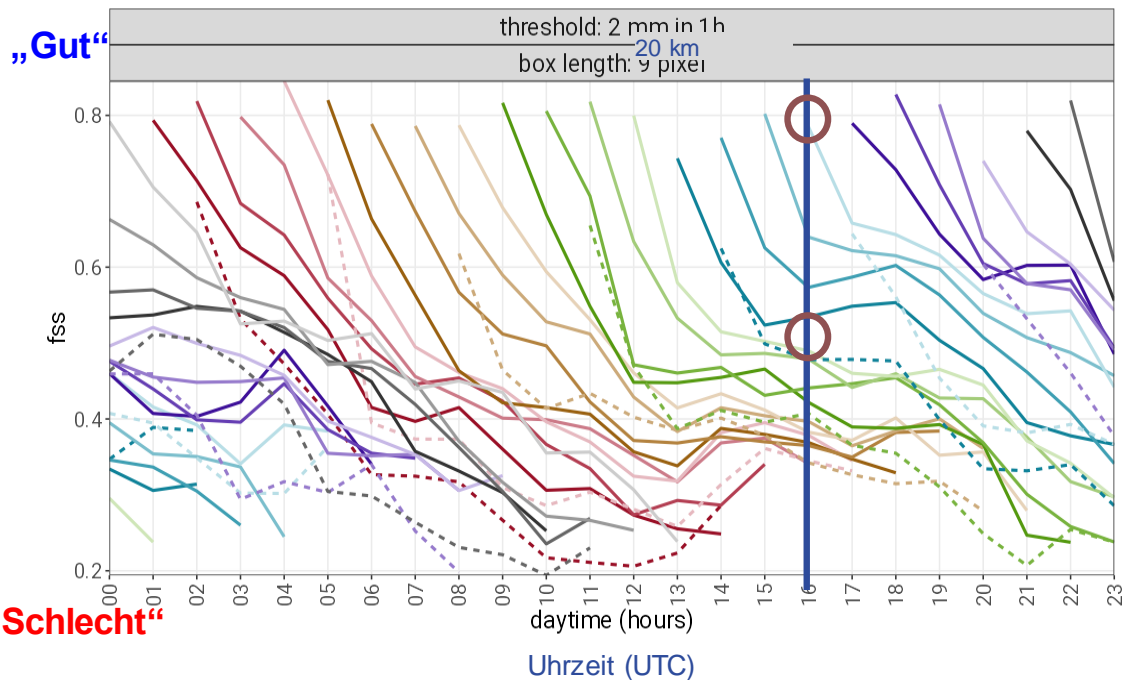
(je höher, desto besser)

Für 01.08.2024 – 15.08.2024

— ICON-RUC, 2 km

- - - - - ICON-D2, operationell

Vergleich nur für die deterministischen
Vorhersagen

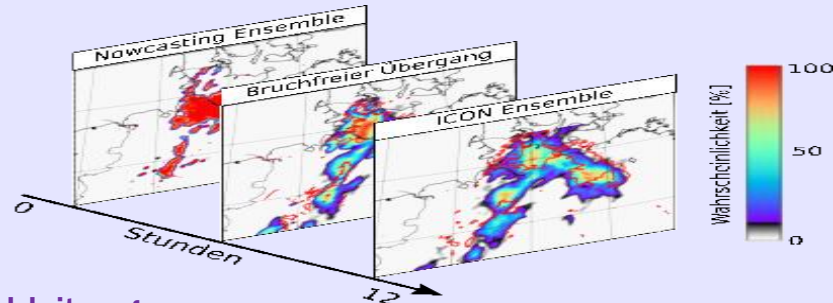


INTENSE

≈ bis Anfang/Mitte 2025

Nahtlos kombinierte Niederschlagsprodukte

Niederschlagsinformation aus Nowcasting- und RUC-Ensemble wird nahtlos kombiniert für den Vorhersagezeitraum 0-12 Stunden



Ermöglicht Ableitung von:

- ▶ Beste Schätzung des zu erwartenden Niederschlags
- ▶ Erstmals quantitative Nutzung des Nowcasting durch längeren Vorhersagezeitraum möglich

- **Konsolidierung, Evaluierung und schrittweise Einführung der Verfahren in 2024-2026**
- **RUC operationalisiert und demnächst auch auf Open Data verfügbar**
- **Ziele für die Weiterentwicklung von SINFONY**
 - Aufbereitung der probabilistischen Informationen für die Abgabe in Kundensystemen
 - Verbesserung der ICON-RUC Vorhersagen für andere Wetterphänomene, z.B. Nebel, Sichtweite, Wolkenuntergrenze, Schneemenge...relevant für Luftfahrt und Energiewirtschaft
 - Einbindung von Satelliteninformation für verbesserte Erfassung von Gewittern, auch in Gebietsrändern
 - Bruchfreiheit auch über +12h hinaus (Überblendung ICON-Modelle)

DER SPIEGEL

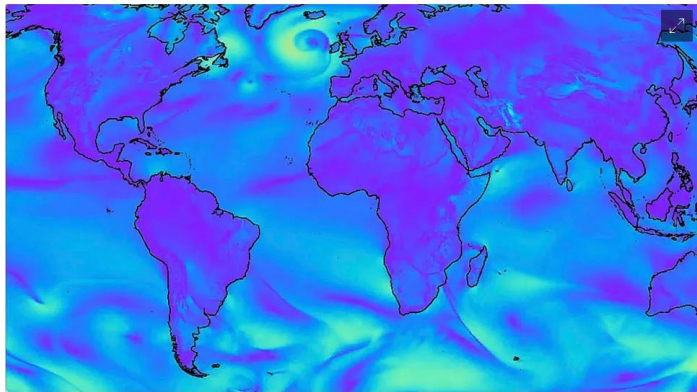
Projekt GraphCast

Google-KI sagt Wetter besser voraus als bisherige Modelle

Eine KI-Anwendung von Google kann das Wetter mittelfristig offenbar präziser und günstiger vorhersagen, als es aktuelle Programme tun. Das System könnte auch helfen, Unwetter früher zu erkennen.

15.11.2023, 12:39 Uhr

🔖 ⏱ 3 Min 🔍 📧 🔗



Visualisierung von Google DeepMind: «Viel schnellerer und eindrucksvollerer Fortschritt» Foto: Google DeepMind Graphcast

mdr WISSEN

🌟 Klima & Umwelt Medizin Psychologie Weltraum Geschichte Naturwissenschaft Bildung

MDR.DE > Wissen



METEOROLOGIE

Macht die KI jetzt bessere Wettervorhersagen?

29. Juli 2024, 09:46 Uhr



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ, NATÜRLICHE INTELLIGENZ, VERHALTENSFORSCHUNG

Warum wir künstlicher Intelligenz trotz des Gell-Mann-Amnesie-Effekts vertrauen

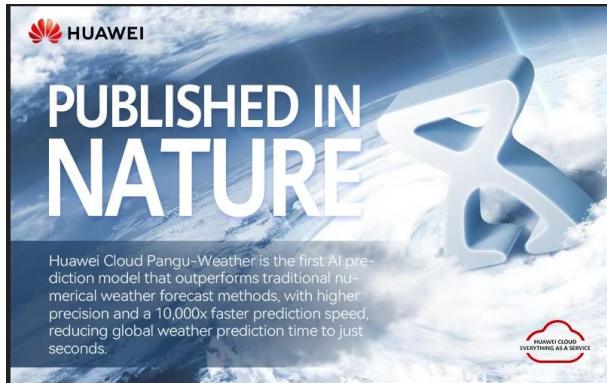
<https://technophilosoph.com/2024/06/09/warum-wir-kuenstlicher-intelligenz-trotz-des-gell-mann-amnesia-effekts-vertrauen/>

Klassische vs. datenbasierte Numerische Wetter Prognose



- Klassische NWP – löst physikalische Gleichungen, Erhaltung von Impuls, Masse und Energie, Parametrisierung von Prozessen auf kleiner Skala, z.B. Wolken, Turbulenz
- Datenbasierte NWP – lediglich auf Daten basierend, große Datenmengen, Beobachtungsdaten, aufgearbeitet (z.B. ERA5), spezielle und neue Algorithmen (Transformer)



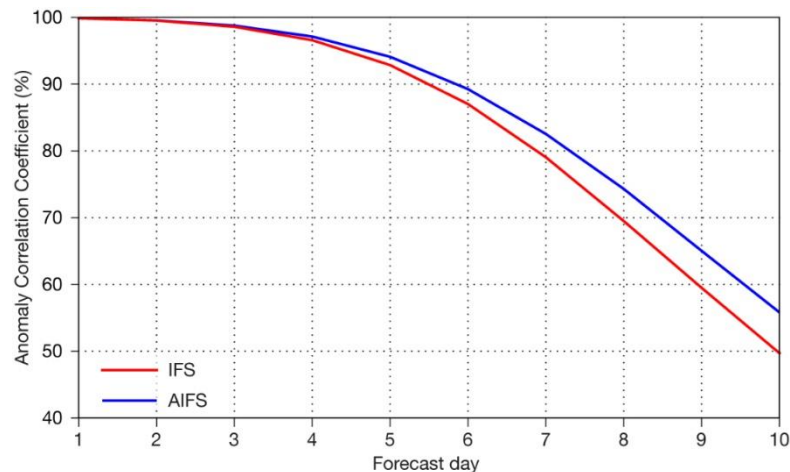


Mittelfristmodell, bis zu 10 Tage, global, vergleichbar mit ICON, GFS, IFS (ECMWF)

Basis: ERA5 Datensatz, zeitliche Auflösung 1 bis 3 Stunde, $0.25^\circ \times 0.25^\circ$

Vorhersagevariablen: Temperatur, Druck, Wind, auf verschied. Höhengniveaus

- Lam et al. (24 Dec. 2022), DeepMind. GraphCast: Learning skillful medium-range global weather forecasting
- 10 Tage Vorhersage, 6 Stunden Schritte
- Wichtigste technische Innovation: graph neural network (GNN)
- Training über Minimieren des MSE zwischen den Vorhersagen und ERA5 Daten
- Vorhersage zahlreicher Variablen, was eine ausführliche Bewertung ermöglicht
- Operationell beim ECMWF als AIFS
- seit Mai 2024 auch Niederschlagsvorhersage



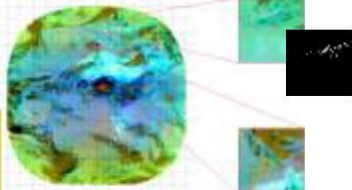
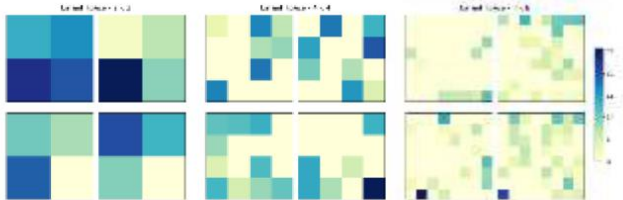

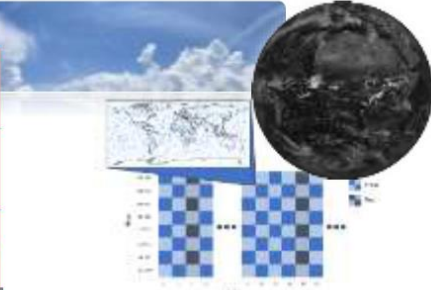
AIFS forecast skill. Northern hemisphere Anomaly Correlation Coefficient (ACC) for geopotential height at 500 hPa of IFS forecasts (red, dashed) and AIFS forecasts (blue) for 2022. Higher values indicate better skill.

- Schneller als konventionelle numerische Simulationen mit der gleichen Auflösung
- Einfache Erschaffung von großen Ensembles
- Anwendung auf andere Use Cases: Schadstoffausbreitung, Waldbrand, atmosphärische Chemie, hydrologische Modellierung
- In der Mittelfrist bei bestimmten Variablen besser als numerische Wetterprognose
- Berechnung der Tracks für Tropische Stürme / Hurrikans schon besser als mit ECMWF HRES (nicht der Windgeschwindigkeit!)
- ... (weitere)

- Rechenressourcen zum Training der KI (Stromverbrauch, Hardware)
- Datenbasis: schlechte Auflösung, Mittelung von Messdaten über Flächen (ERA5 Datensatz)
- damit können synoptische Merkmale wie z.B. Schwergewitter und Fronten (noch) nicht vorhergesagt werden
- Extremereignisse sind im Trainingszeitraum selten und damit unterrepräsentiert
- Verhalten der KI nicht nachvollziehbar, vor allem wenn atmosphärische Bedingungen existieren, die bisher noch nicht aufgetreten sind (Buiten, 2019)
- ... (weitere)

- Konkurrenz für klassische NWP
- hohe Anforderungen an Hardware zum Training der datenbasierten Modelle
- *Kenntnis über die Physik bzw. die Prozesse nicht notwendig*
- Parallele Nutzung von KI und NWP / Mischung aus KI und NWP
- **Veränderung der Vorhersagbarkeitsgrenze ist möglich**

Einsatzmöglichkeiten für KI


BEOBACHTEN UND MESSEN	NN zur Vulkanasche-Erkennung aus Satellitendaten	RTTOV MFASIS: NN für schnellen Strahlungstransport							
KI zur Automatisierung von Wetterstationen	NOWCASTING	iCamCloudOps: NN für Wolkenkameras	KI-Datenassimilation mit Modell-Emulationen						
KI für Qualitätskontrolle und Datenergänzung	Deep Learning für das Nowcasting von Gewittern	BEOBSACHTUNGS MODELLIERUNG	KI für Biaskorrekturen						
KI für das Satelliten-Retrieval	KI Trainingsdatensätze für Vulkanasche und Eiswolken	KI für Korrektur der Modellinhomogenität bei Radianzen	DATEN-ASSIMILATION	AICON zur datenbasierten Vorhersage	"Research2Operations" KI für Blitz-wahrscheinlichkeiten	CONFLIENCE KI für Wetter und Finanzökonomie			
KI für das Datenmerging	Neuronale Netze zur Eiswolkenerkennung aus Satellitendaten	KI zur Bestimmung des Beobachtungsfehlers	KI-Singular-Vectors in der Datenassimilation	NUMERISCHE MODELLIERUNG	Blending&Kalibrierung von SINFONY Daten zu NWC und NWV	Met4Airports			
	KI Kombination von Nowcasting- und NWP-Ensembles		KI Techniken zur Objekterkennung für die Verifikation	KI für Physik-Parametrisierungen	POST-PROCESSING	ITMS: KI zur Abschätzung biogener CO2-Emissionen			
				KI-Modell-Daten-assimilation-Kopplung f. Parametrisierungen	Aufbau einer gemeinsamen Datenbasis für KI-Anwendungen	WIRKMODELLE			
					DEEP RAIN für die Niederschlagsvorhersage				
							BERATUNG	genAI für administrative Prozesse	
							genAI für Beratung	UNTERSTÜTZUNGSPROZESSE	

KI Anwendungen werden in allen Bereichen des DWD entwickelt und eingesetzt.



- Projekt SINFONY, Verbesserung der Prognosen für konvektive Ereignisse
- Seamless Prediction: NowCasting plus Numerische Wettervorhersage
- KI Einsatz in der Wetter- und Niederschlagsprognose ist vielversprechend
- aber wird (vermutlich) die grundlegenden Probleme der Vorhersagbarkeit NICHT lösen
- **Vorhersage über weitere Entwicklung unsicher**



A man in a blue shirt and jeans stands with his back to the camera, arms outstretched, on a glowing green circuit board. The board is filled with various electronic components like capacitors and resistors, and is illuminated with warm orange and green lights. The background is a blurred cityscape at night.

Computers are like humans –
they do everything, except think.

John von Neumann

Haben Sie Interesse an Schulungen oder Informationsveranstaltungen?

Haben Sie Fragen zu DWD Produkten?

Benötigen Sie eine Wetterberatung?

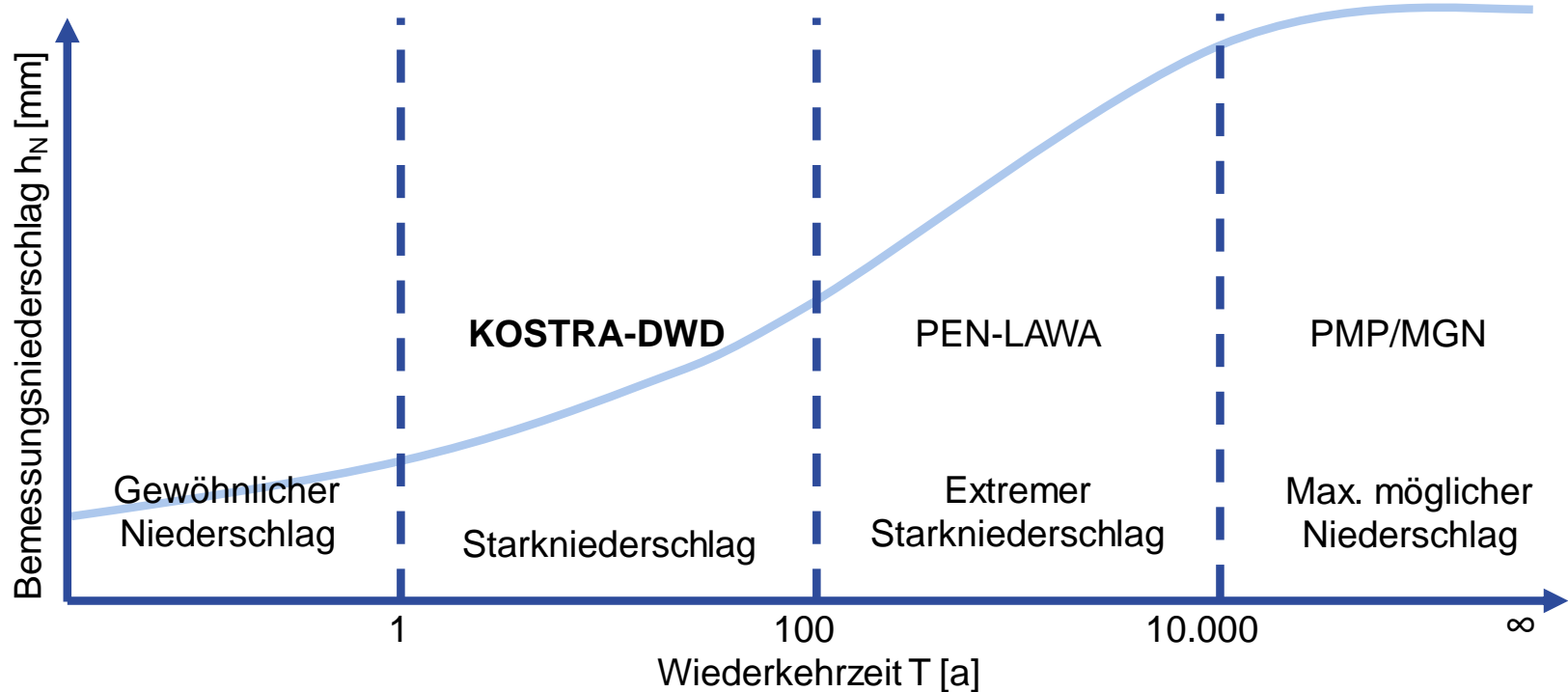
Robert Scholz

Leiter der Regionalen Wetterberatung Leipzig

robert.scholz@dwd.de

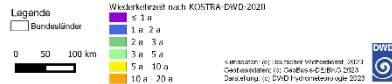
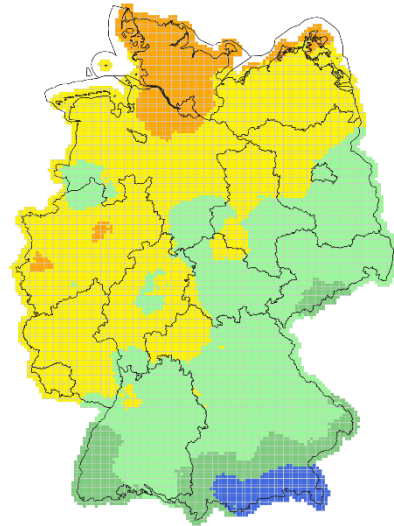
069 – 8062 9800

Extremwertstatistische Betrachtung

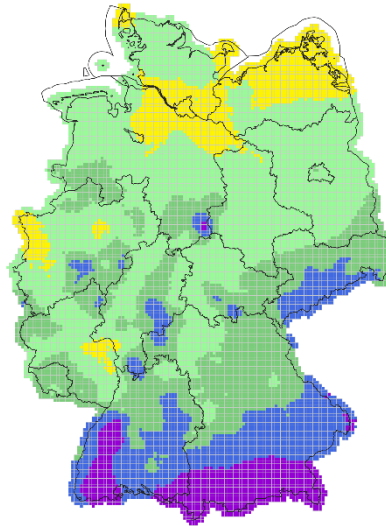


Starkregen – Warnschwellen als Wiederkehrzeit

Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD-2020 für
 Warnschwelle 25 mm in 1 h ("Unwetter")



Wiederkehrzeit nach KOSTRA-DWD-2020 für
 Warnschwelle 35 mm in 6 h ("Unwetter")



Level 3 - Unwetter

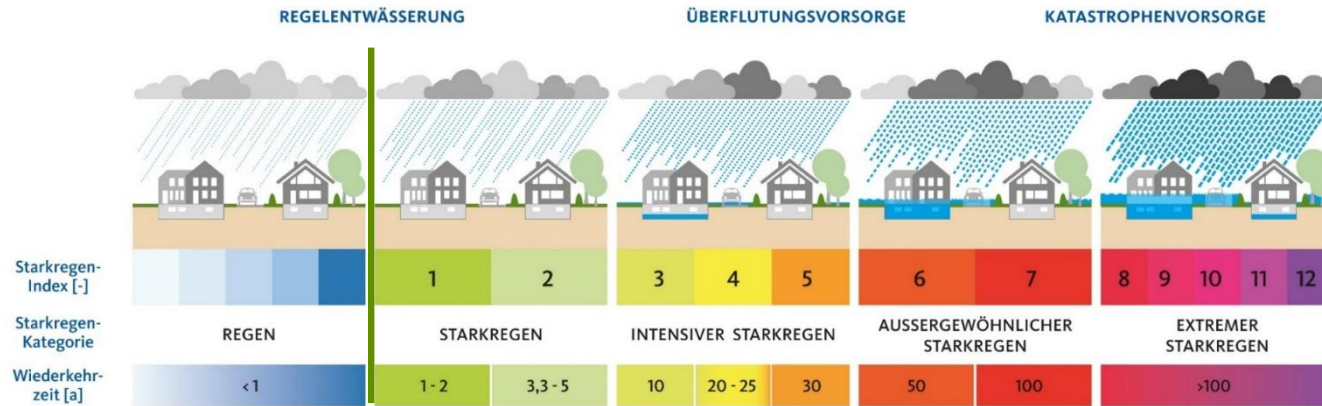


> 25 l/m² in 1 Stunde
 > 35 l/m² in 6 Stunden

Starkregen – Definition

In der Rückschau oder bei der Planung versteht man unter dem Begriff Starkniederschlag ein **Niederschlagsereignis**, mit einer vergleichsweise hohen Niederschlagsmenge 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 Schmitt (DWA-M 119)

Abbildung: HamburgWasser

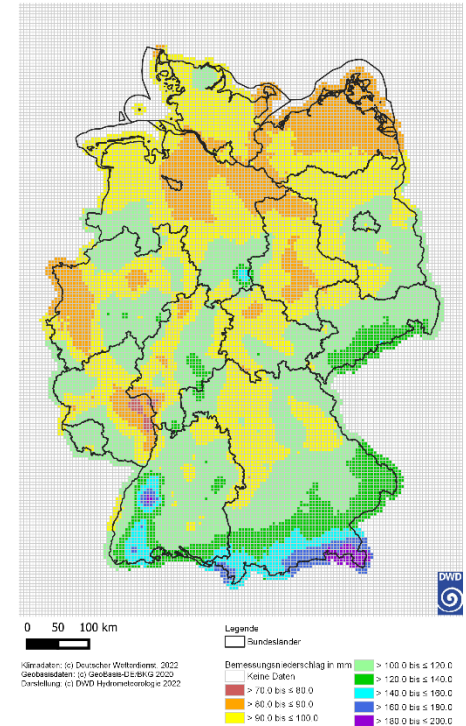
Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung

Bemessungsniederschlagshöhen und Regenspenden für

- ca. 16.000 Rasterfelder von je **25 km²** Fläche,
- 22 verschiedene **Dauerstufen** zwischen **5 min** und **7 Tage**
- insgesamt 9 **Wiederkehrintervalle** zwischen **1** und **100 a**
- **Bezugszeitraum 1951 – 2020, gültig ab 01.01.2023**
- **Datengrundlage** sind **233 langjährige (min. 50 Jahre), und 1667 kürzere (min 10 Jahre), zeitlich hochaufgelöste Messreihen von Niederschlagsstationen, auch von Partnern**
- Der Datensatz ist die **Grundlage für die Bemessung wasserwirtschaftlicher Bauwerke**, wie z. B. Dachrinnen, Abwasserkanäle oder Regenrückhaltebecken

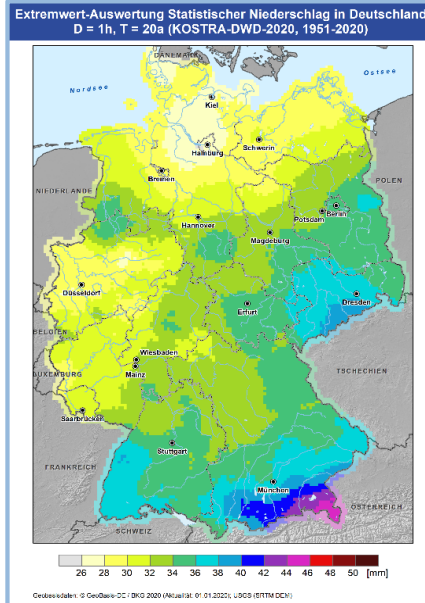
KOSTRA-DWD-2020

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



- ➔ **KOSTRA-DWD-Hybrid:**
Verknüpfung Vorteile Stationsdaten (lange Zeitreihe) **mit Radardaten** (Flächeninformation)
- ➔ **KOSTRA-DWD-TWR:**
Zusätzliche Einbindung von **langen Tageswertreihen** (Reihenlänge z.T. größer 100 Jahre)

Starkregenhöhen D=1h und T=20a
aus Stationsmessungen 1951-2020



Starkregenhöhen D=1h und T=20a
aus Radarmessungen 2001-2022

