



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Bergisches Hochwasserwarnsystem 4.0

Yannik Hahn, Institute for Technologies and Management of Digital Transformation, Bergische Universität Wuppertal

28. Symposium Flussgebietsmanagement beim Wupperverband und Gebietsforum Wupper der Bezirksregierung Düsseldorf | Wupperverband Wuppertal, den 22.05.2025

Hochwasser im Juli 2021



August 2021

Antragsphase

- Initiative der Berger Gruppe
- Zusammenstellung Konsortium
- Suche nach Fördermitteln
- Einreichung Projektskizze November 2021

Juli 2021

Hochwasserkatastrophe in NRW

- 20.000 Privathaushalte
- 7.000 Unternehmen
- 180 Kommunen
- 12,3 Milliarden € Schaden

Februar 2022

Krieg und Politik

- Feb. 2022 – Ukraine Krise
- Mai 2022 – Wahlen der NRW-Landesregierung
- Energiekrise
- Umstellung des Landes- & Bundeshaushalts

HWS 4.0 Frühwarnsystem

Juni 2023

Projektstart

- Fördergeber: MWIDE, KI.NRW
Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen 
- Laufzeit: Juni 2023 – Mai 2026
- Volumen: ~3,2 Millionen €

Das Konsortium



- Sondermaschinenbau, KMU
- Direkt Betroffener vom Hochwasser
- Projektinitiator, Evaluation Sensorik



WUPPERVERBAND

für Wasser, Mensch und Umwelt

- Wasserwirtschaft im Wuppertal
- Betreiber Infrastruktur
- Ausbau Sensorsystem



BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

- Forschungseinrichtung
- Data Science & Künstliche Intelligenz
- Entwicklung der KI-Vorhersagemodelle

WSW.

- Trinkwasserproduktion, Stadtentwässerung, etc...
- Betreiber Infrastruktur
- Ausbau Sensorsystem



IHK Bergische Industrie- und Handelskammer Wuppertal-Solingen-Remscheid

- Assoziierter Partner
- Netzwerk und Dissemination

BERGISCHE GESELLSCHAFT

- Projektkoordination
- Öffentlichkeitsarbeit
- Kommunikation Fördergeber und Politik





KI-Modell

 Vorhersage von Pegelständen (6 Stunden)

 Identifizierung von Gefahrenzonen



Sensorsystem

-  Aktuelle Wetterdaten
-  Wettervorhersage
-  Wasserpegel der Wupper
-  Zuflüsse
-  Stauwerke



Vorhersagegebiet



HWS 4.0 Warn-App

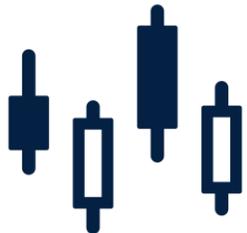


Datensammlung und -aufbereitung

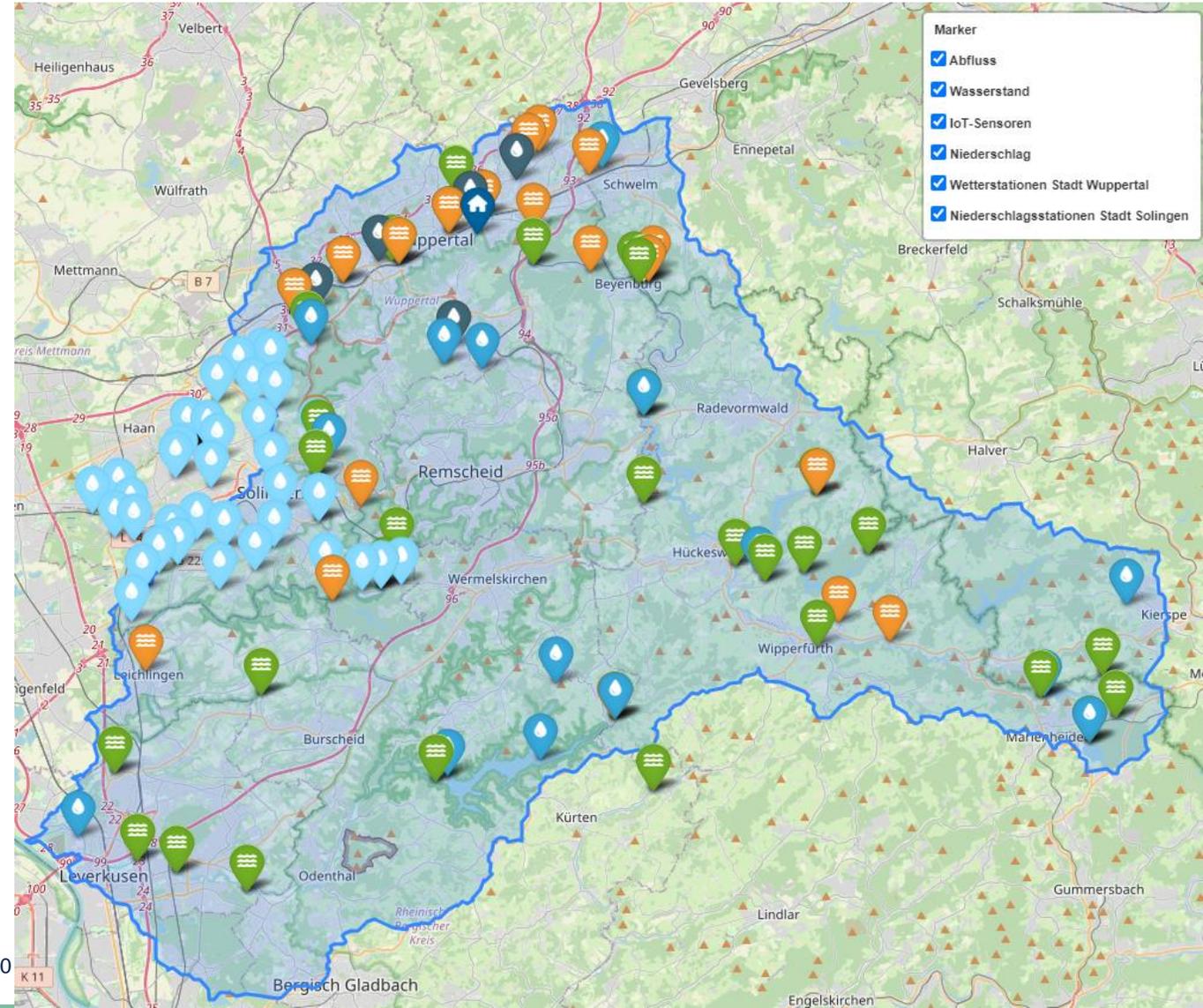
Langzeitdaten für KI-Training



Zeitraum: 2006 – Heute
Messintervall: 30 Minuten
Datenmenge: ~338.000
Messpunkte



13 Wasserstand-Sensoren
23 Niederschlagssensoren
13 Abfluss-Sensoren



Vorhersage von Pegelständen / Abfluss



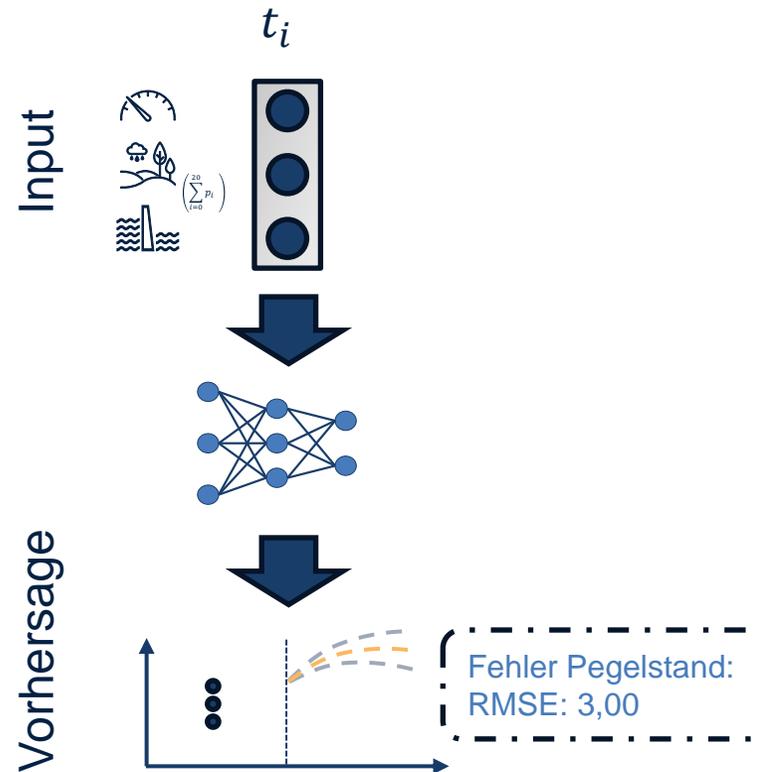
Ziel ist eine möglichst **genau** und **robuste** Vorhersage für die nächsten **6 Stunden** in einem Intervall von **30min**

Verwendung von aktuellen Zeitreihen Modellen

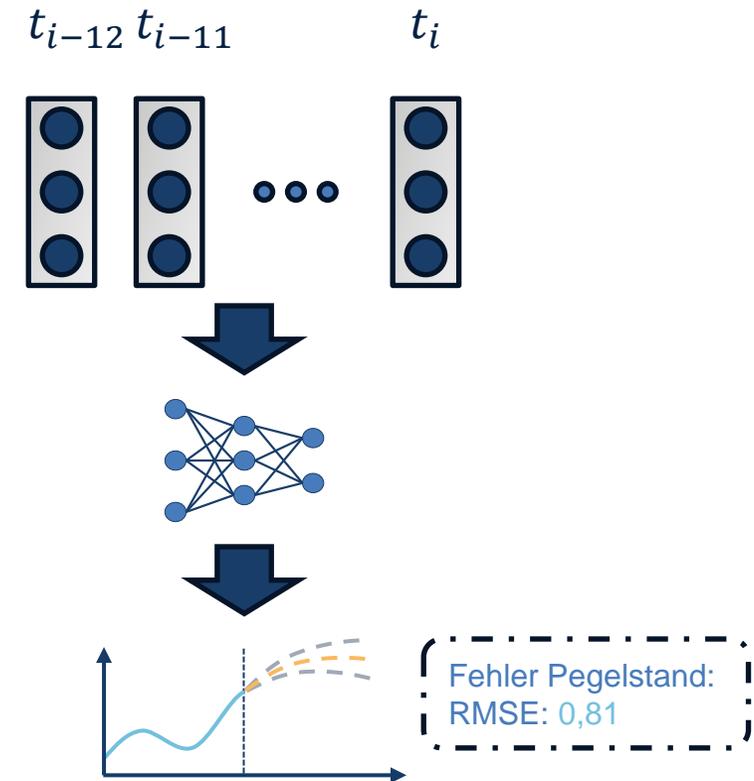


Ziel ist eine möglichst **genau** und **robuste** Vorhersage für die nächsten **6 Stunden** in einem Intervall von **30min**

Zeitpunkt als Input

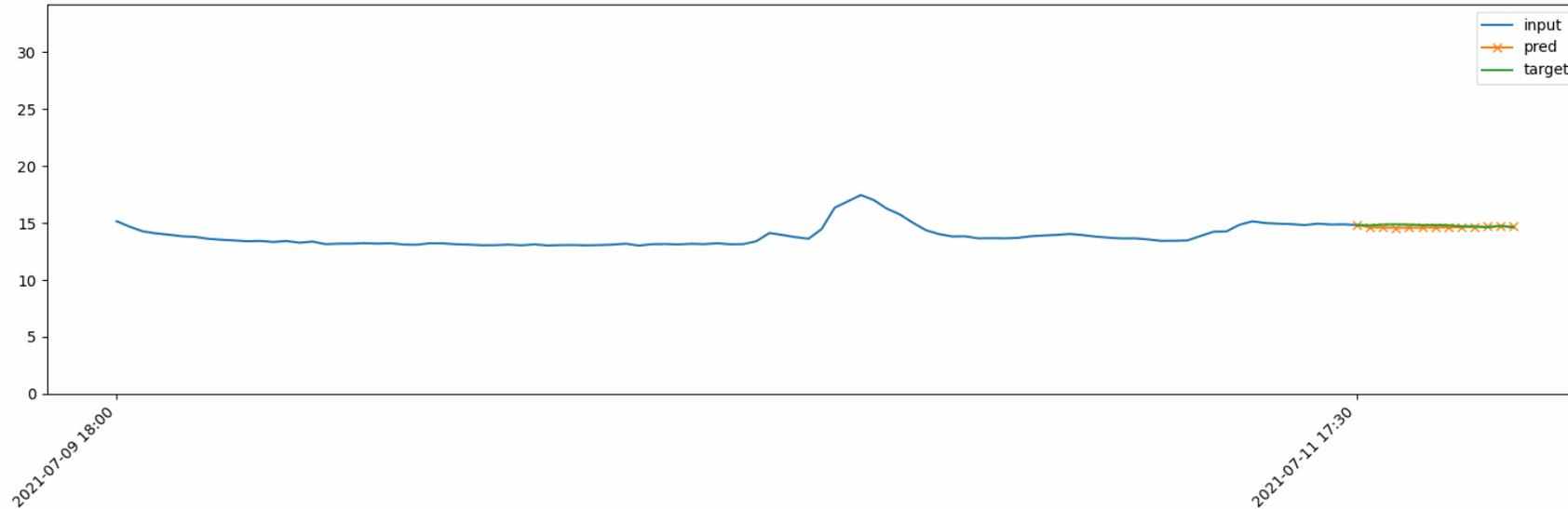


Zeitreihen als Input





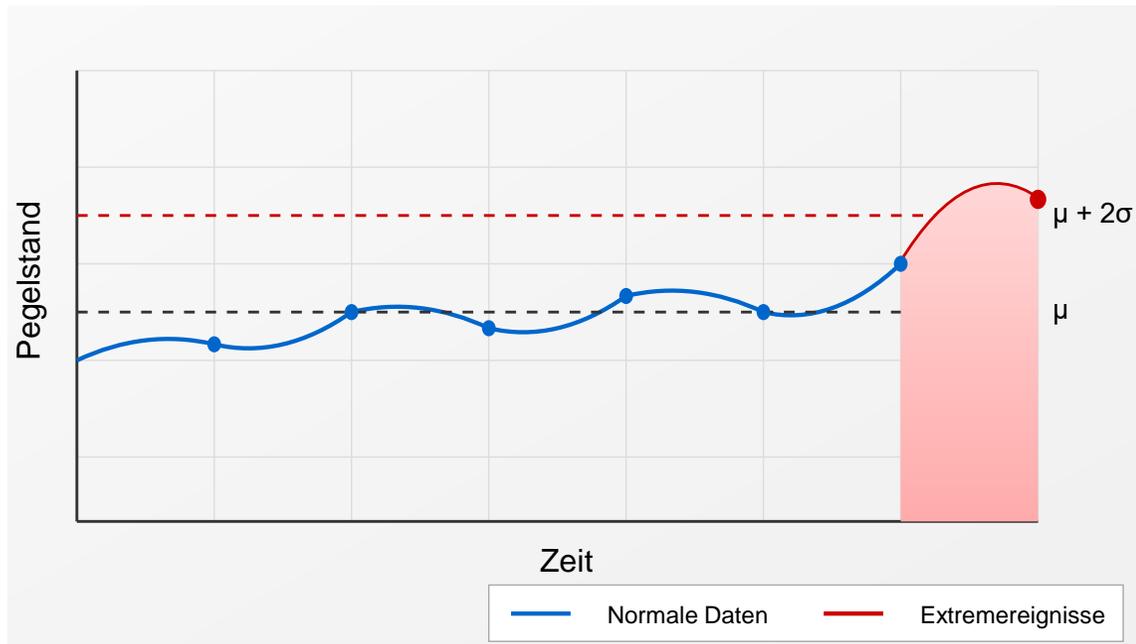
Ist die Modellvorhersage gut?



Erkenntnis: Wir brauchen eine Metrik, die nicht misst, wie gut unser Modell ist wenn nichts passiert.

Extremereignisse sind definiert als Datenpunkte, bei denen Zielwerte überschreiten:

$$RMSE_{EE} = \sqrt{\frac{1}{n_{EE}} \sum_i (\hat{y}_i - y_i)^2} \text{ für alle } i \text{ wo } y_i > \mu_y + 2\sigma_y$$



Wie es funktioniert:

- Die Funktion **filtert Datenpunkte**, um nur solche einzubeziehen, bei denen ein **Schwellenwert überschritten** wird
- Fehlermetriken (z.B. RMSE) werden dann für diese **Teilmenge** berechnet
- Dies hilft, die Modelleistung speziell bei extremen oder **Ausreißerfällen** zu bewerten

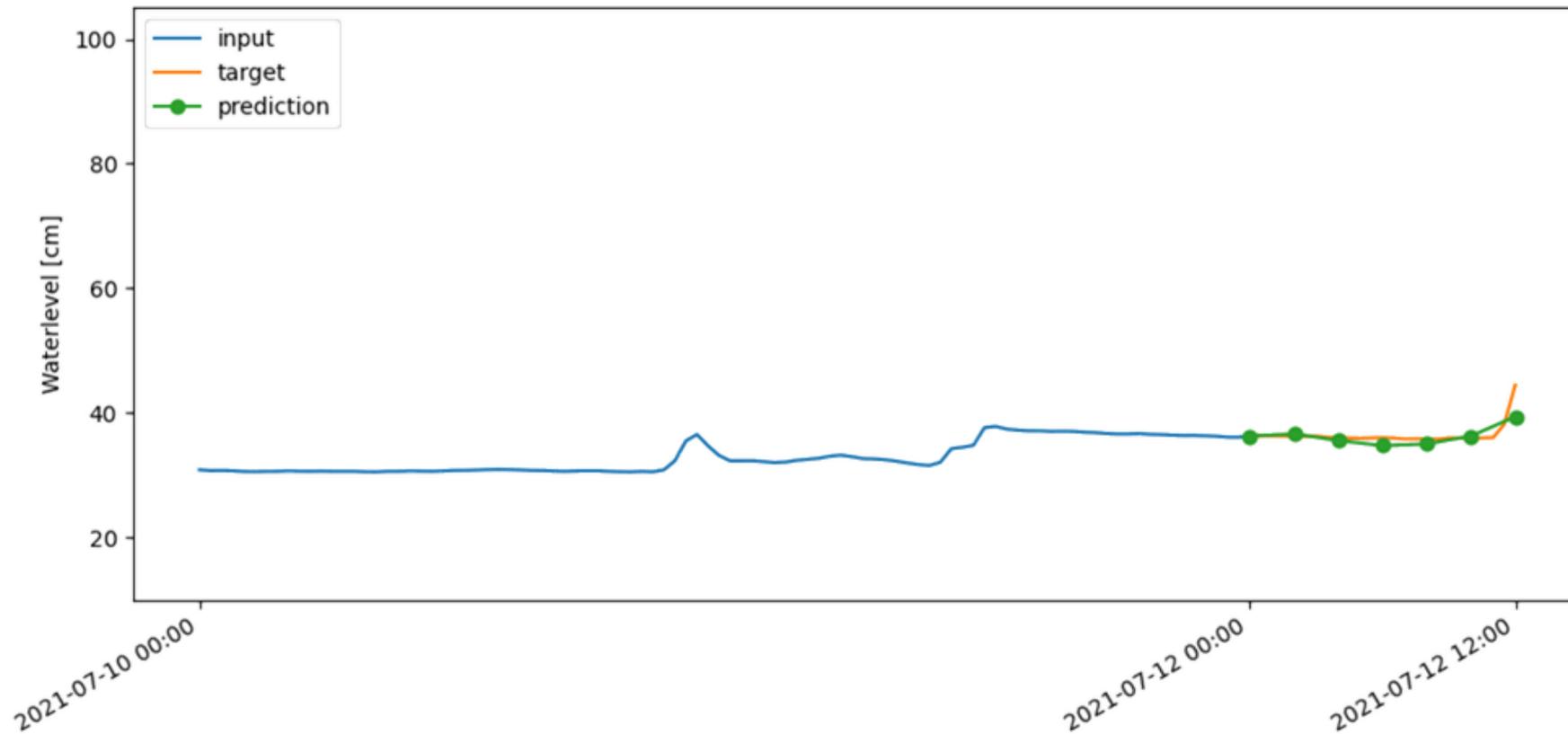
Vergleich Zeitreihenmodelle

Modell	RMSE	RMSE (EE)	RMSE (WL)	RMSE (WL, EE)
PatchTST	2.39	9.82	1.07	4.92
DLinear	2.56	10.58	1.17	5.37
Informer	1.81	7.03	0.81	3.68
Nonstationary Transformer	2.06	8.53	1.01	4.66

Informer: Ein KI-Modell für **Zeitreihenvorhersagen**, das auf **Transformer-Technologie** basiert. Anders als GPT oder ChatGPT ist es speziell darauf ausgerichtet, Muster in zeitlichen Daten zu erkennen und zukünftige Entwicklungen effizient vorherzusagen.

KI-Vorhersage von Pegelständen

- Vorhersage des **Pegelverlaufs** von 12 Stunden am 14.07.2021.
- Vorhersagehorizont von 12 Stunden.





Länge an Zeitreihen Input

- Eine Länge von ~10h reicht für die KI-Modelle.



Augmentierung von Daten

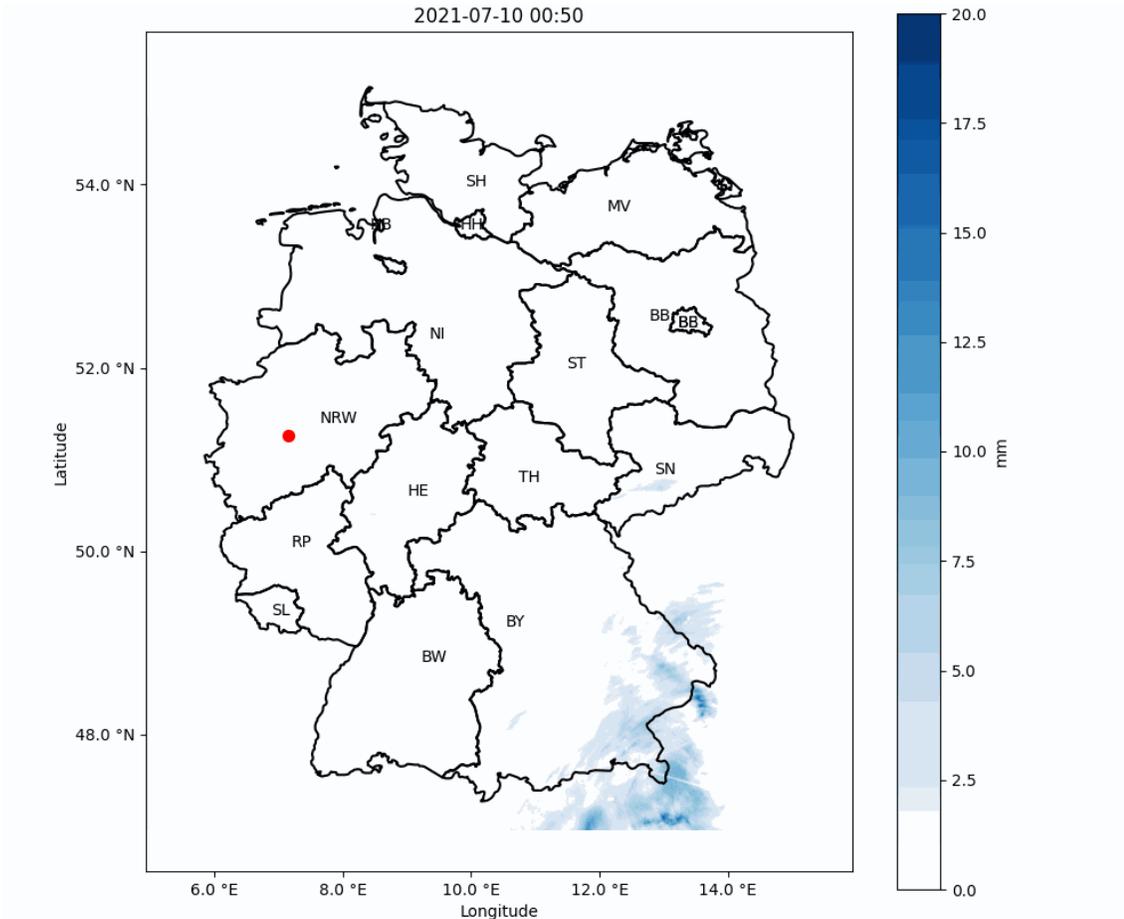
- Augmentierung von Daten kann zu Verbesserungen der Vorhersage führen ohne mehr Daten zu benötigen.



Niederschlagsvorhersage

- Die Niederschlagsvorhersage hat die Vorhersage des Modells leicht verbessert.

Verbesserung der Vorhersage für Extremereignisse



Regendaten aus einem
Wettermodell (WV)



Hydrologisches Modell (WV)



Neuer Synthetischer Datensatz
mit vielen Extremereignissen



Verbesserung des KI-Modells
um bis zu 30% für
Extremereignisse



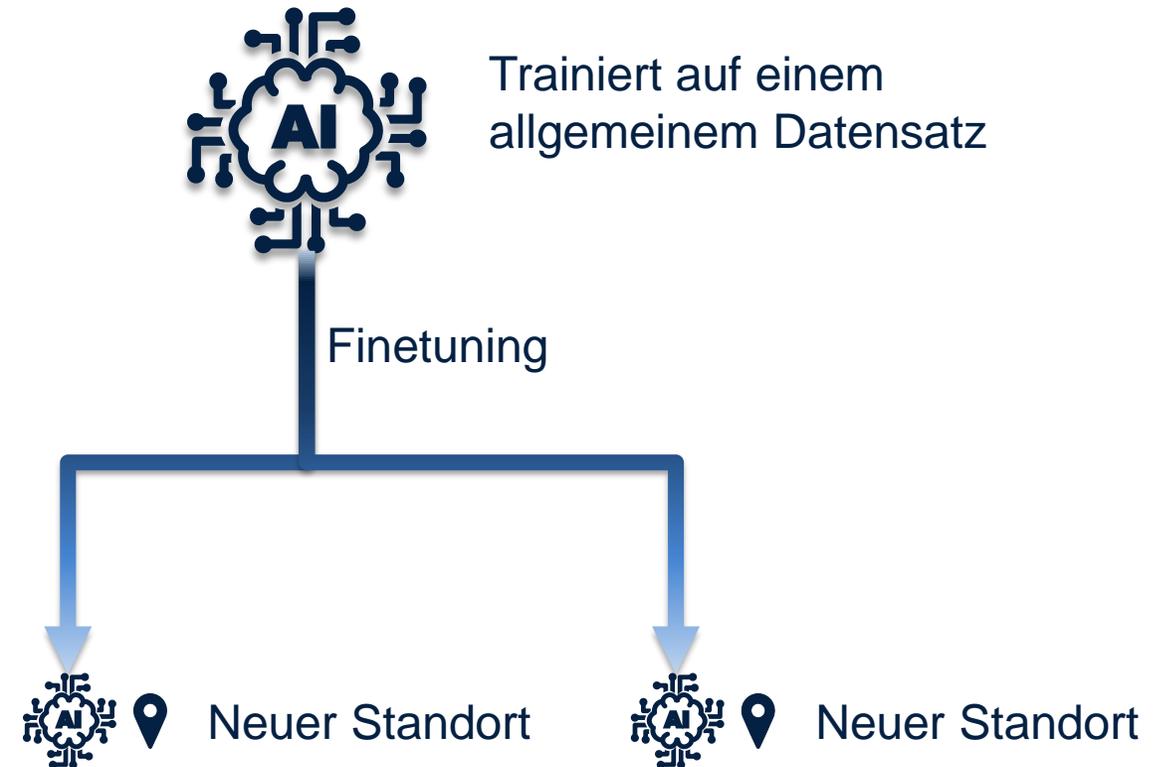
Ausgangslage

- Neue Sensorstandorte mit begrenzten historischen Daten
- Schlechte Modelleistung durch geringe Trainingsdatenmenge



Lösungsansatz

- Training eines robusten allgemeinen Modells mit datenreichen Standorten
- Feinabstimmung (Finetuning) des vortrainierten Modells für spezifische Standorte





www.hwsdemo.tmdt.uni-wuppertal.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit