

Auswirkungsbasierte Starkregenprognose und Maßnahmenplanung in Echtzeit

FUNKE 2024: Wetterextreme – Perspektiven
und digitale Lösungen im Katastrophenschutz

19.10.2024

Dr.-Ing. Julian Hofmann

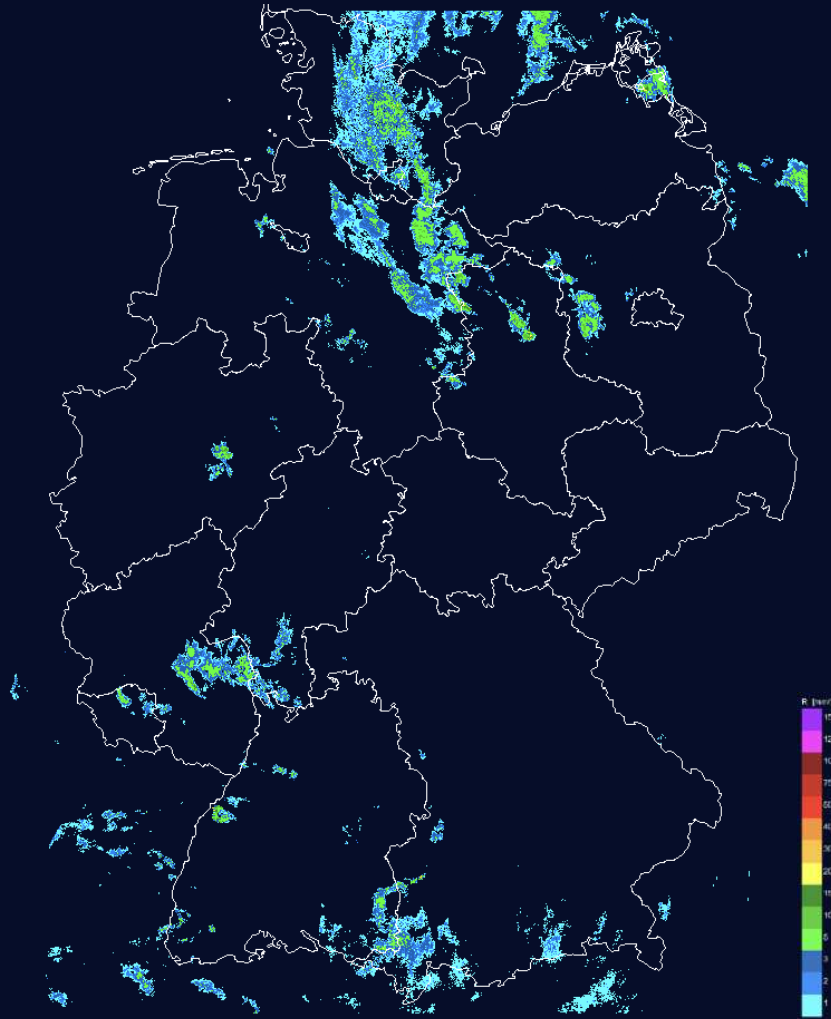
FloodWaive Predictive
Intelligence GmbH

hofmann@floodwaive.de



Hochwasserereignis Juni 2024 Süddeutschland

Vorhersage 30.05. - 02.06.24



DWD Rainfall 31.05.2024 00:00



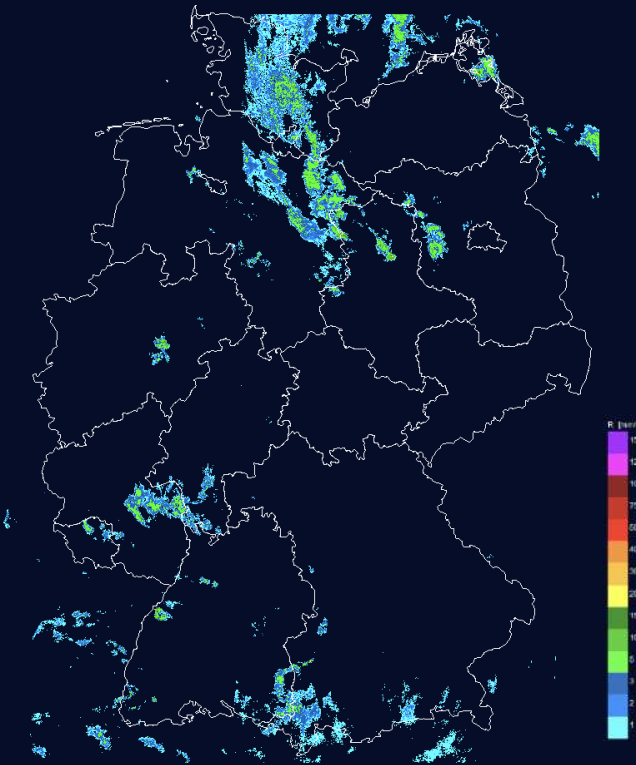
02.06.2024 Nahe Stuttgart



Wettervorhersagen | Beispiel Süddeutschland Juni 2024

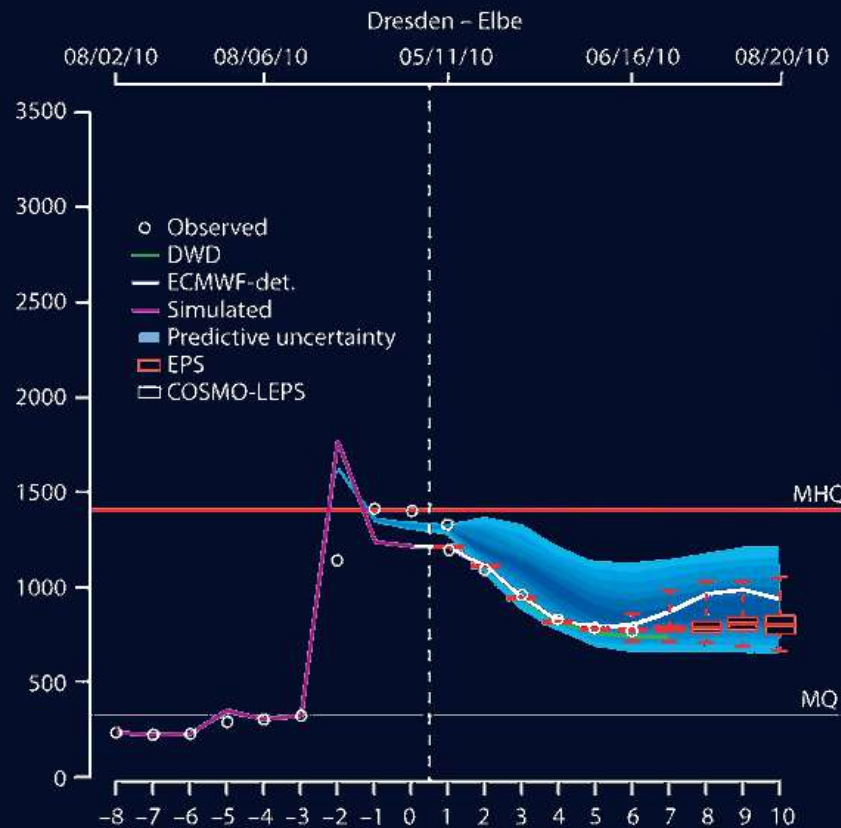
Niederschlagsvorhersage 30.05 – 02.06.24

DWD Rainfall 31.05.2024 00:00



Animation: FloodWaive Predictive Intelligence GmbH
Source: Deutscher Wetterdienst, RADOLAN 2021

Abflussvorhersage an einem Pegel – Was heißt das?



Quelle: Schreiner, 2022 - Elbe

Problem

Keine Aussagen über
tatsächliche Auswirkungen



Rechenzeit für eine 2D-
Hochwassersimulation
> 24 Stunden

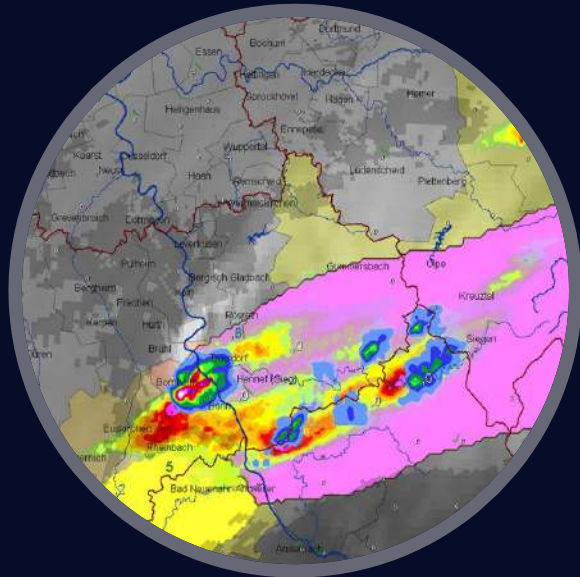


Rechenzeitproblematik klassischer 2D-Überflutungsmodelle

Vielzahl von Vorhersagen möglicher Wetterentwicklungen
Update alle 5 bis 10 Minuten.

Sehr lange Rechenzeiten hydraulischer 2D-Modelle

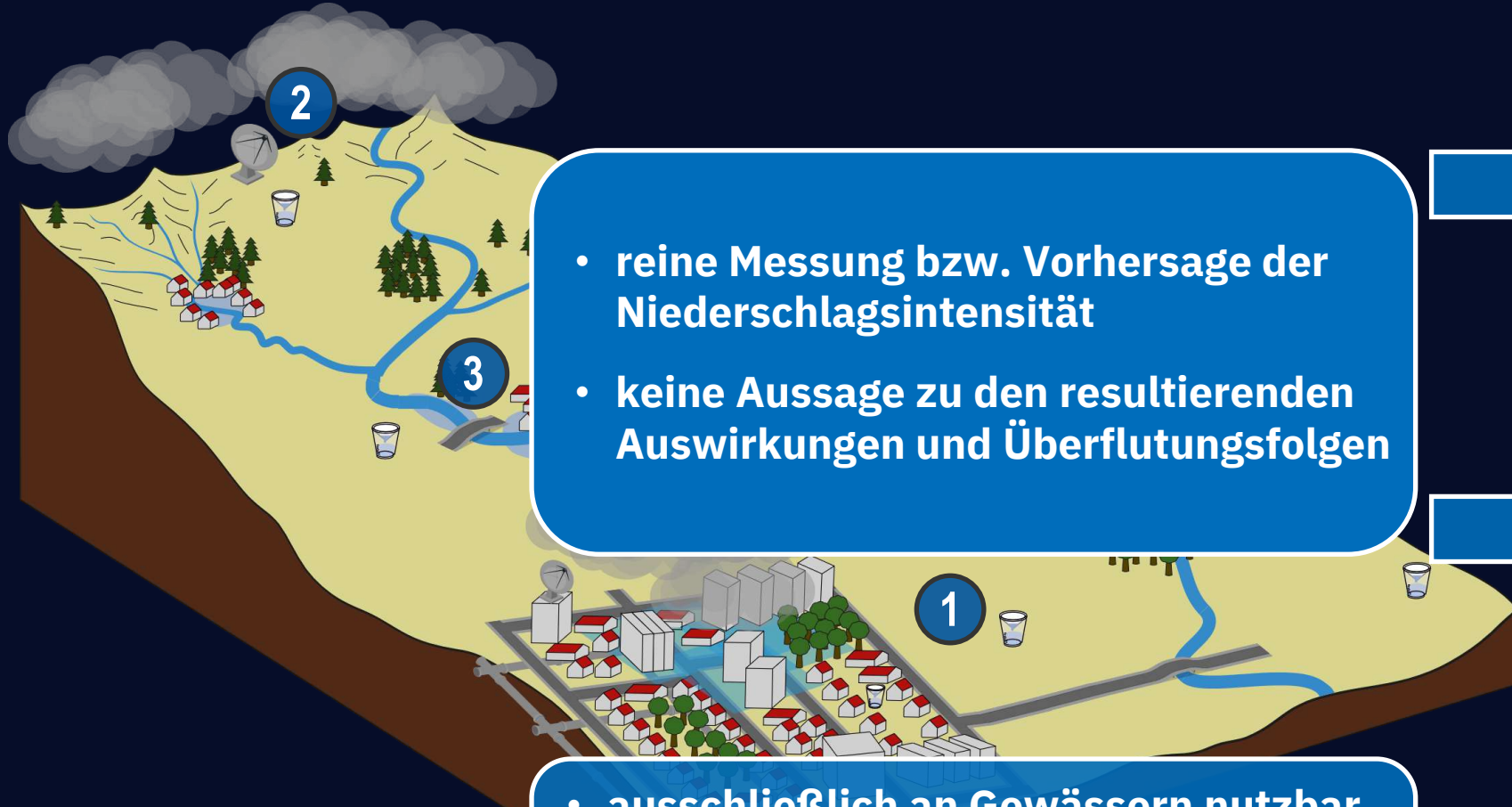
Keine flächenhaften Überflutungsvorhersagen verfügbar!



Source: DWD



Warn- und Messsysteme für Sturzfluten



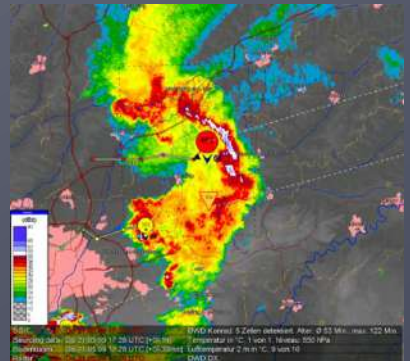
- ausschließlich an Gewässern nutzbar
- sehr kurze Vorhersagezeit
- Pegel können ausfallen

Messsysteme

1



2



3



KI-basierte Sensorische Warnsysteme

Aktuelle KI-Sensor-Warnsysteme verknüpfen Messwerte und führen Prognosen auf Grundlage von historischen Messdaten durch

- 1 Niederschlag
- 2 Durchfluss oder Bodenfeuchte
- 3 Pegel

- punktuelle Prognosen
- kurze Vorhersagbarkeit
- Hohe Kosten und Wartung
- Ausfallrisiko der Sensoren

Für eine ganzheitliche, bestmögliche und flächen-deckende Warnung ist dies nicht ausreichend!

Messsysteme

1



2



3



Warn- und Messsysteme für Sturzfluten

- 
- Keine Aussage zu Überflutungsflächen, Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten



- Numerische Modelle**
- Hydrologische Modelle
(e.g. Andy & Müller, 2017)

- Zu hohe Rechenanforderung
- Ungeeignet für operationelle Anwendung



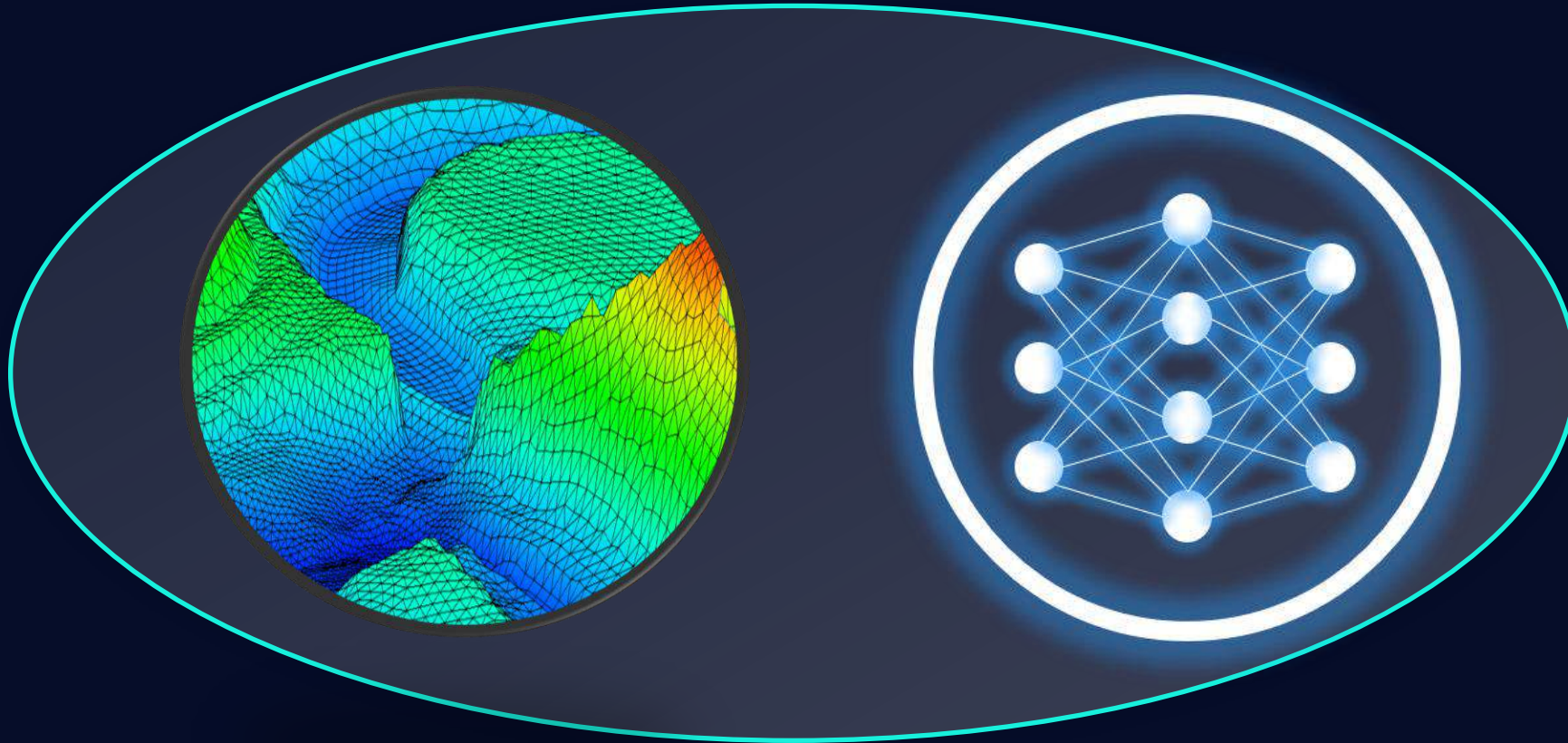
- 2D-Hydraulische Modelle
(e.g. Xing et al. 2020)

- keine Vorhersage von dynamischen Prozessen (statische Überflutungskarte)
- Szenarien werden realistisch nicht der Form soeintreten



- 2D-Katalogsysteme
(e.g. Bohla et al. 2018)

Fusion: Hydraulische Modelle mit Künstlicher Intelligenz



Kurze Rechenzeit

Hohe Modellgüte

Hohe Skalierbarkeit

Trainingsablauf des generalisierten KI-Modells DeepWaive

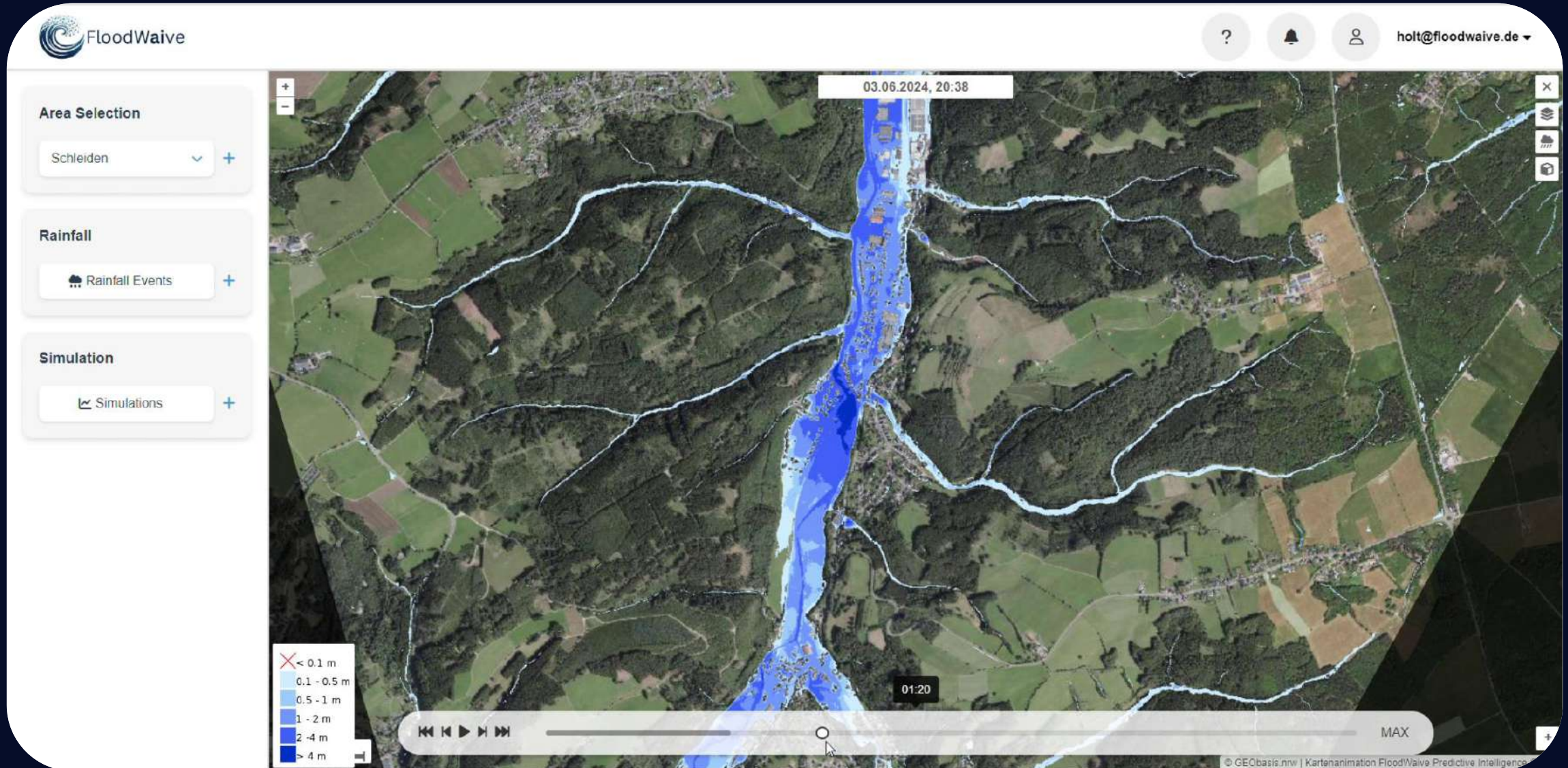


Eingehende Geodaten zur Modellaufstellung

- Digitale Orthophotos
- Digitales Geländemodell
Auflösung 1 x 1 m (DGM1)
- Digitales Landschaftsmodell
(ATKIS-Flächennutzung)
- Gebäudedaten
- Bodendaten | Infiltration
- Gewässer | Kanalnetz



Vorhersage von Flusshochwasser & Starkregenüberflutungen



Zwei Einsatzzwecke: Risikoanalyse & Frühwarnung



Vergleich: Hydraulisches 2D-Modell mit KI-Hybrid-Modell

Hydraulisches 2D model

KI-Hybrid-Modell

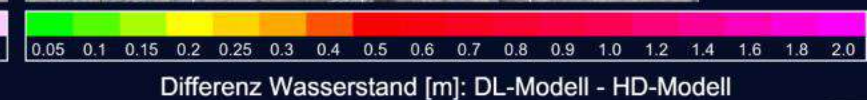
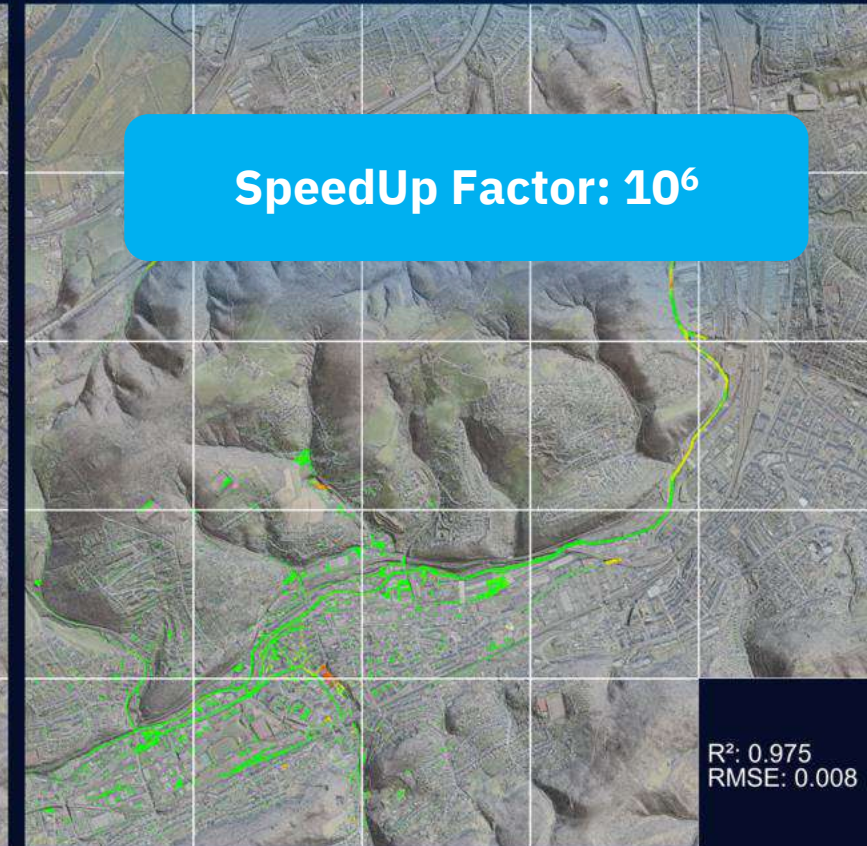
Performance Vergleich

Rechenzeit: 265 min

Rechenzeit: 0.015 sec

SpeedUp Factor: 10^6

Rainfall: 30mm/h



Wasserstand [m]

Wasserstand [m]

Differenz Wasserstand [m]: DL-Modell - HD-Modell

R²: 0.975
RMSE: 0.008

BENCHMARKING

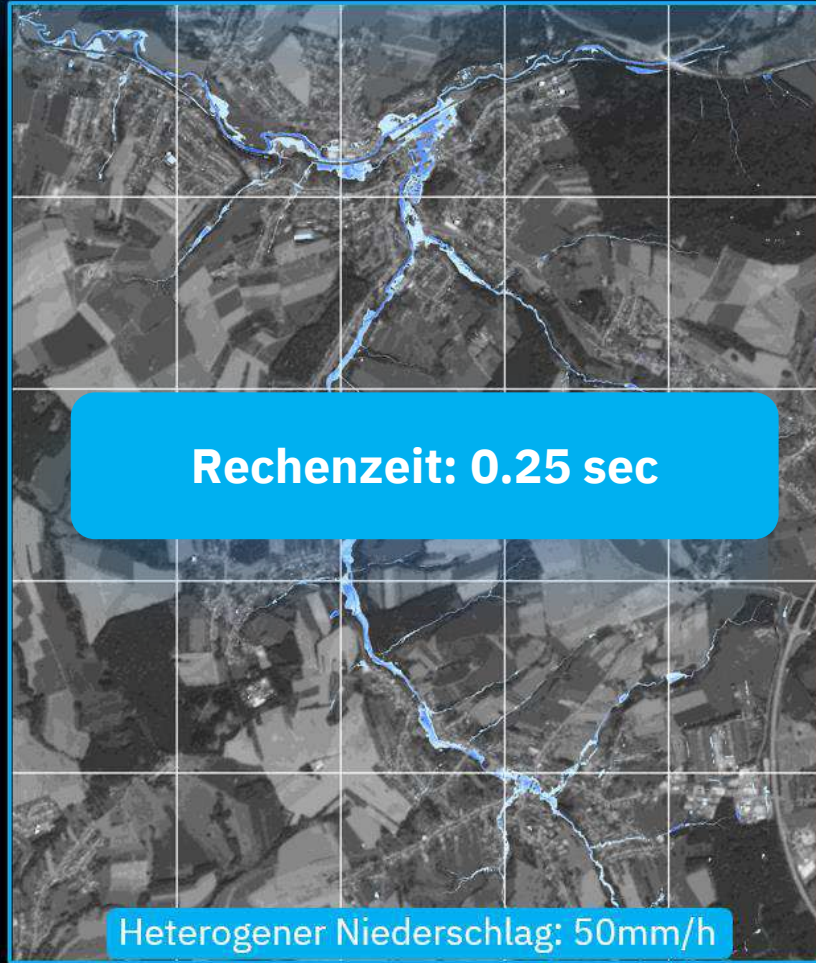
Vergleich: Hydraulisches 2D-Modell mit KI-Hybrid-Modell

Hydraulisches 2D model



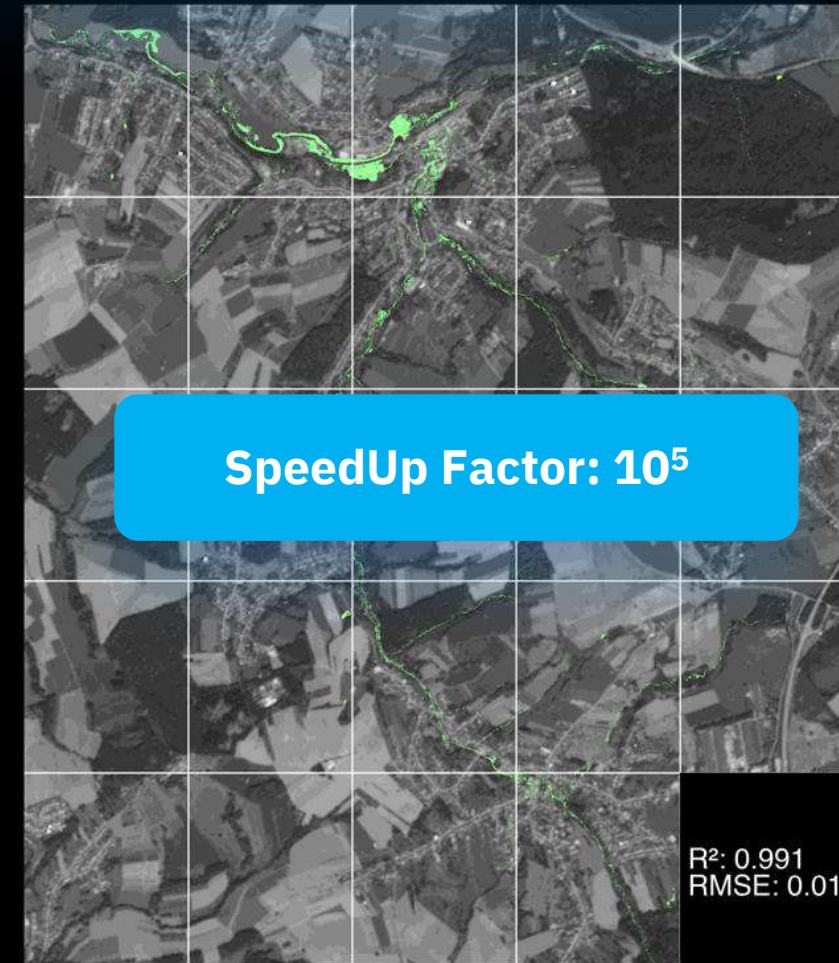
Wasserstand [m]

KI-Hybrid-Model



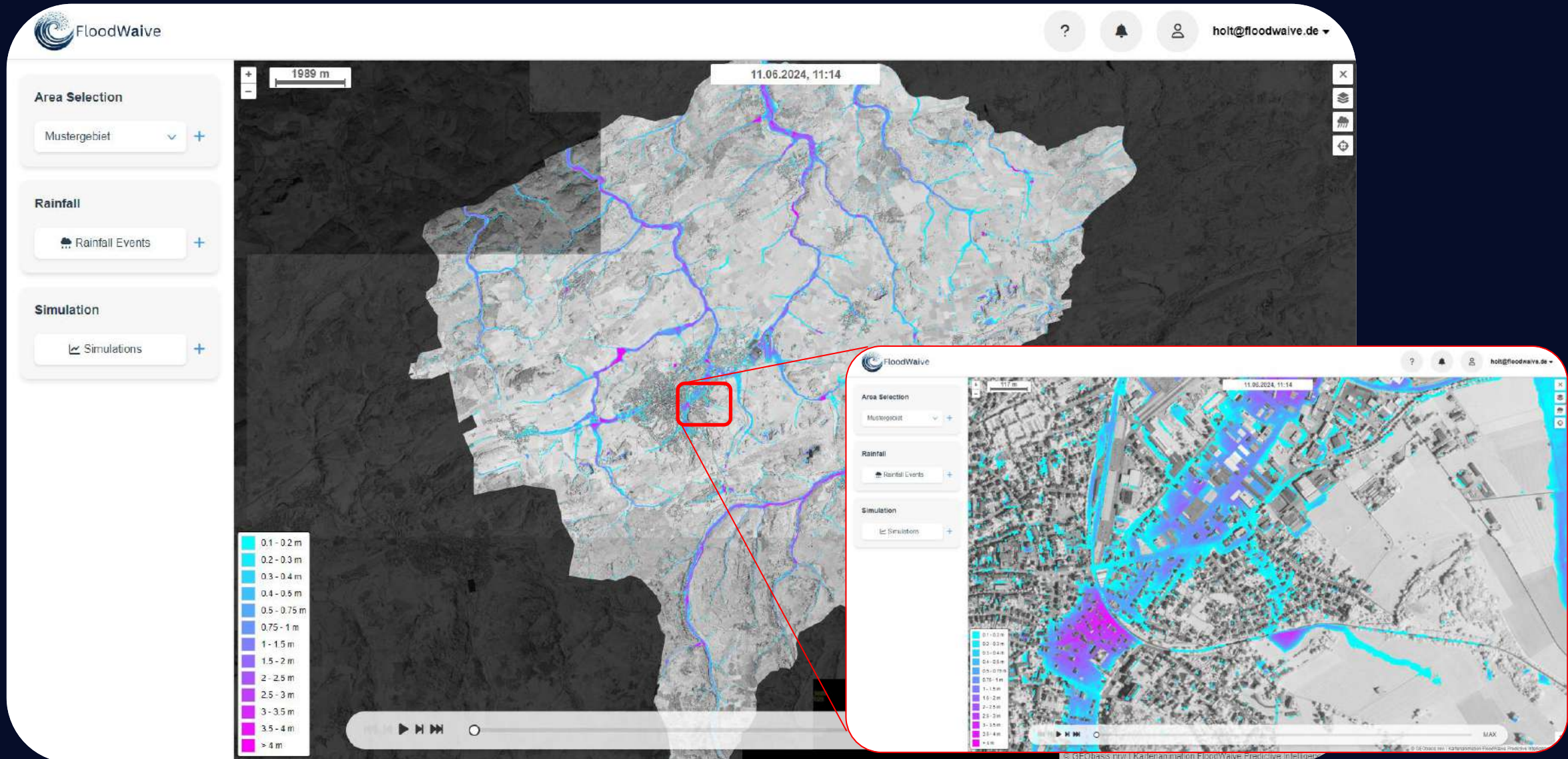
Wasserstand [m]

Performance Vergleich



Differenz Wasserstand [m]: DL-Modell - HD-Modell

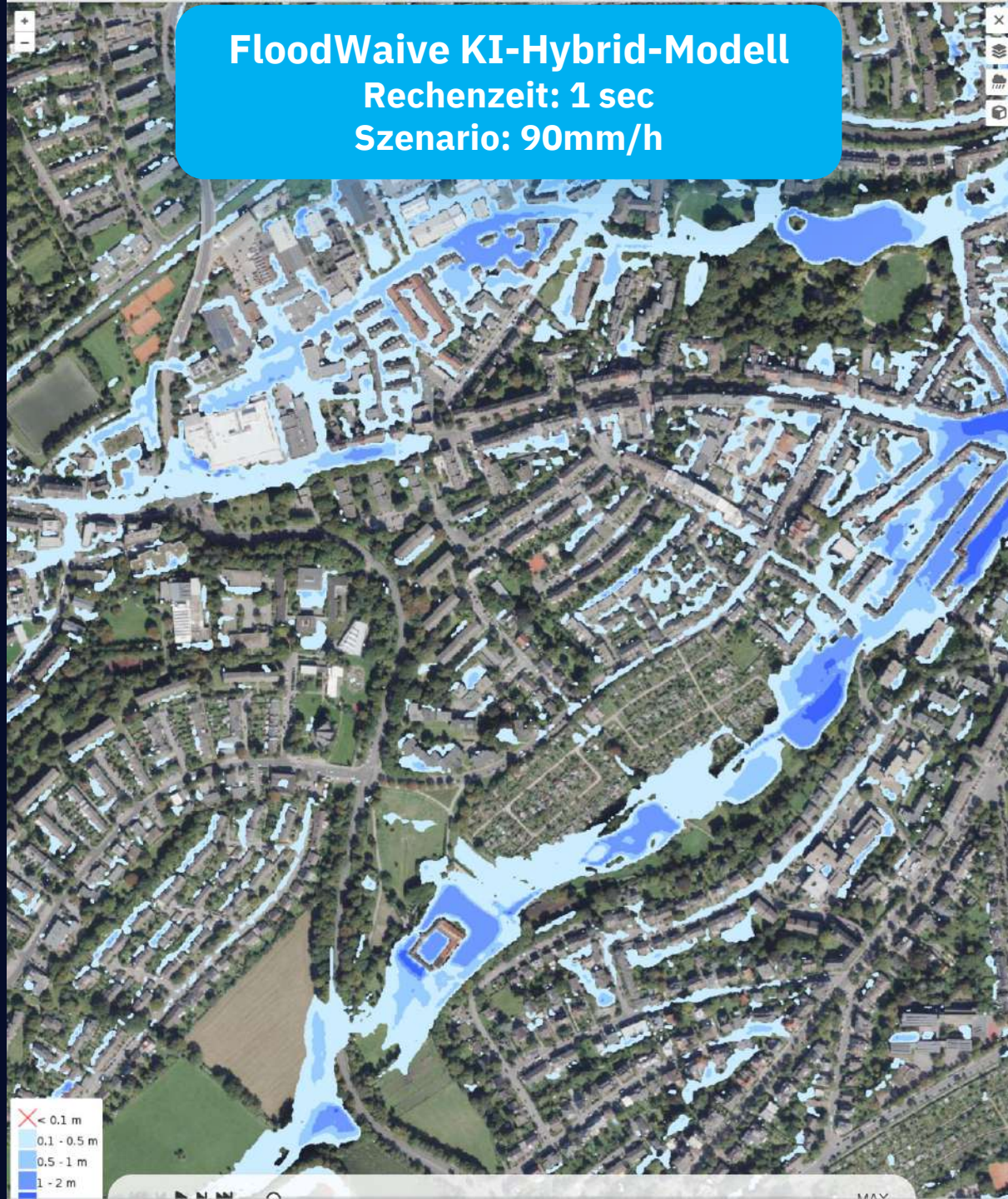
Sehr große Gebiete | 1 m Auflösung | 1 Sek. Rechenzeit



FloodWaive KI-Hybrid-Modell

Rechenzeit: 1 sec

Szenario: 90mm/h



Starkregenhinweiskarte NRW

Rechenzeit (geschätzt): > 2 Tage

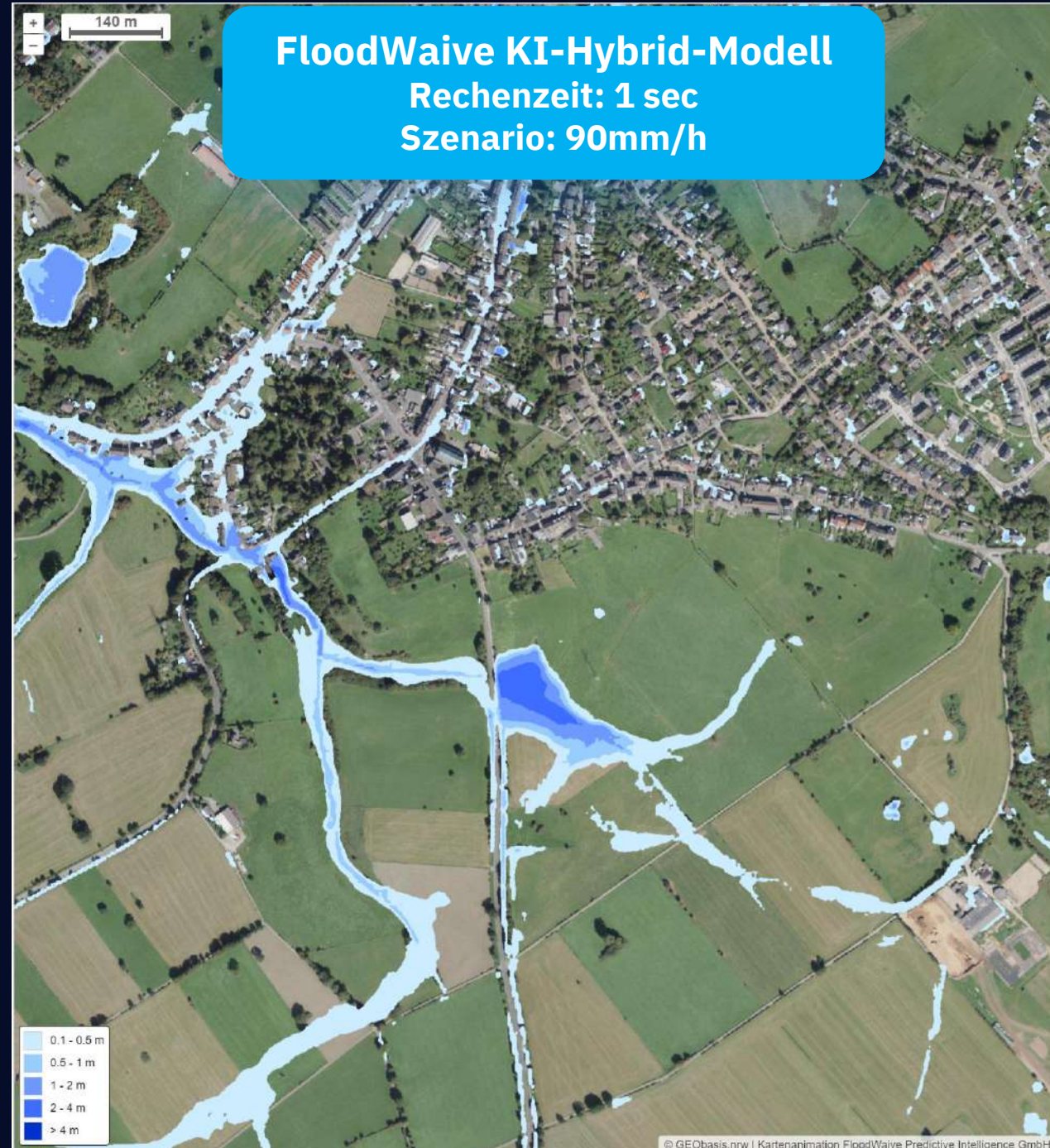
Szenario: 90 mm/h



FloodWaive KI-Hybrid-Modell

Rechenzeit: 1 sec

Szenario: 90mm/h



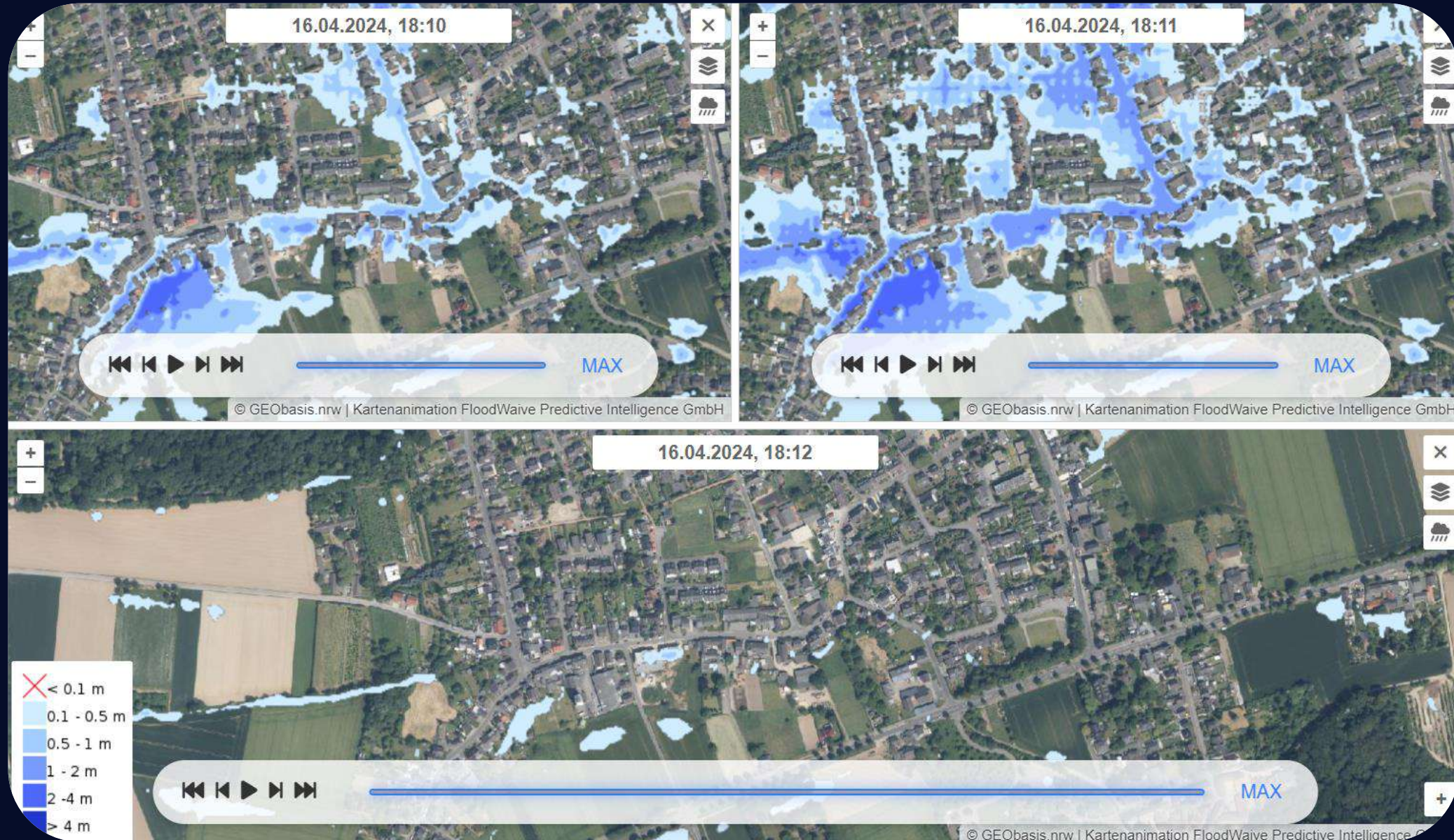
Starkregenhinweiskarte NRW

Rechenzeit (geschätzt): > 2 Tage

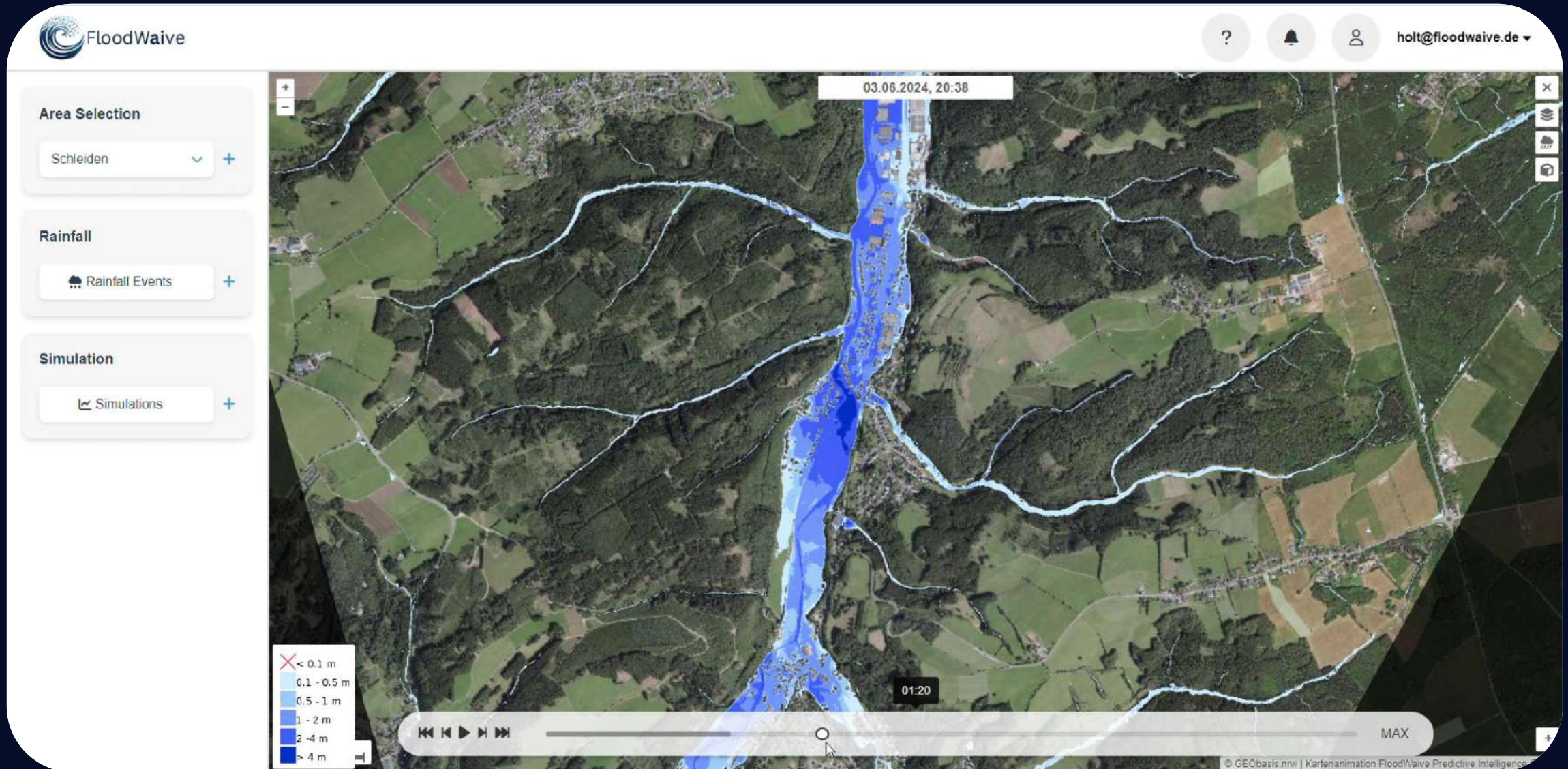
Szenario: 90 mm/h



Echtzeitsimulationen variabler Ereignisse: Was passiert wenn...?



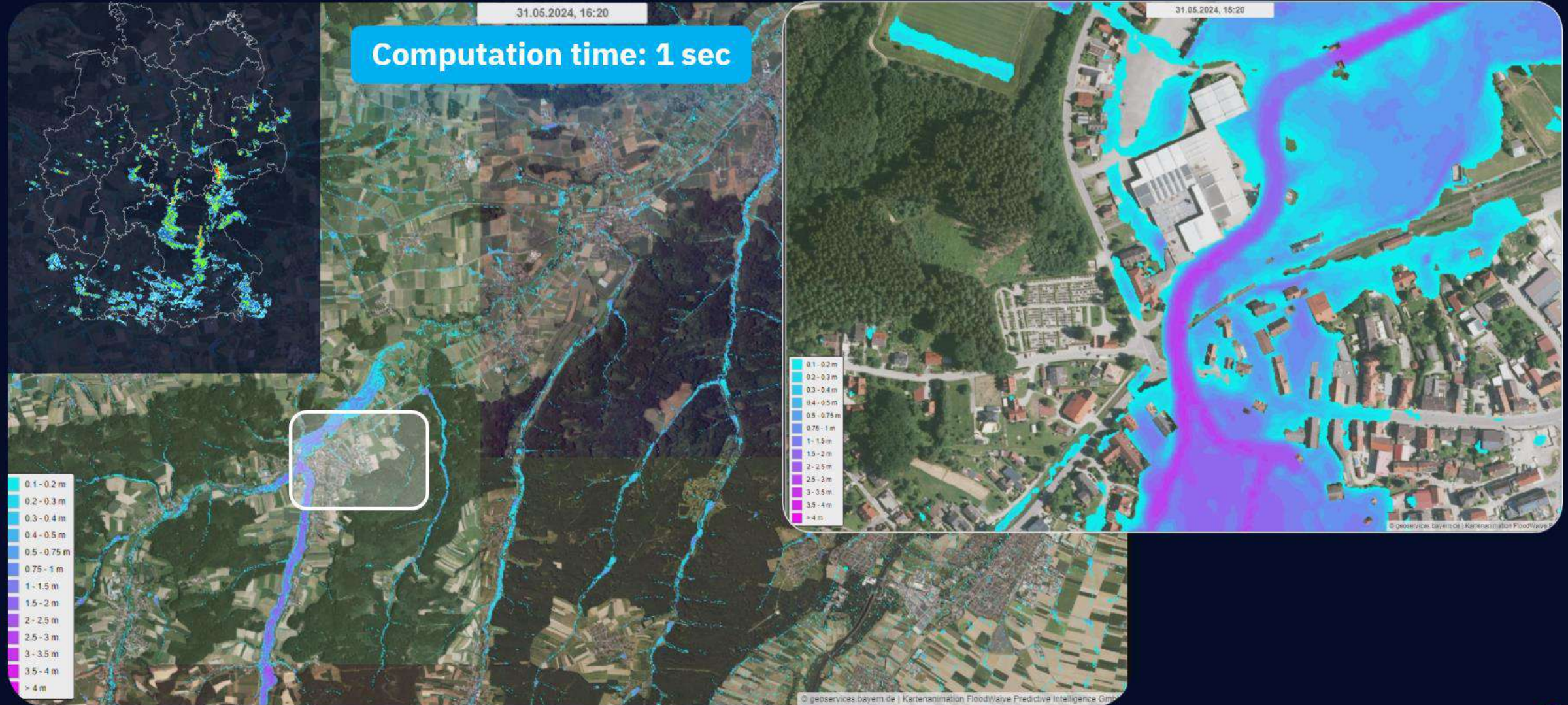
Vorhersage von Flusshochwasser & Starkregenüberflutungen



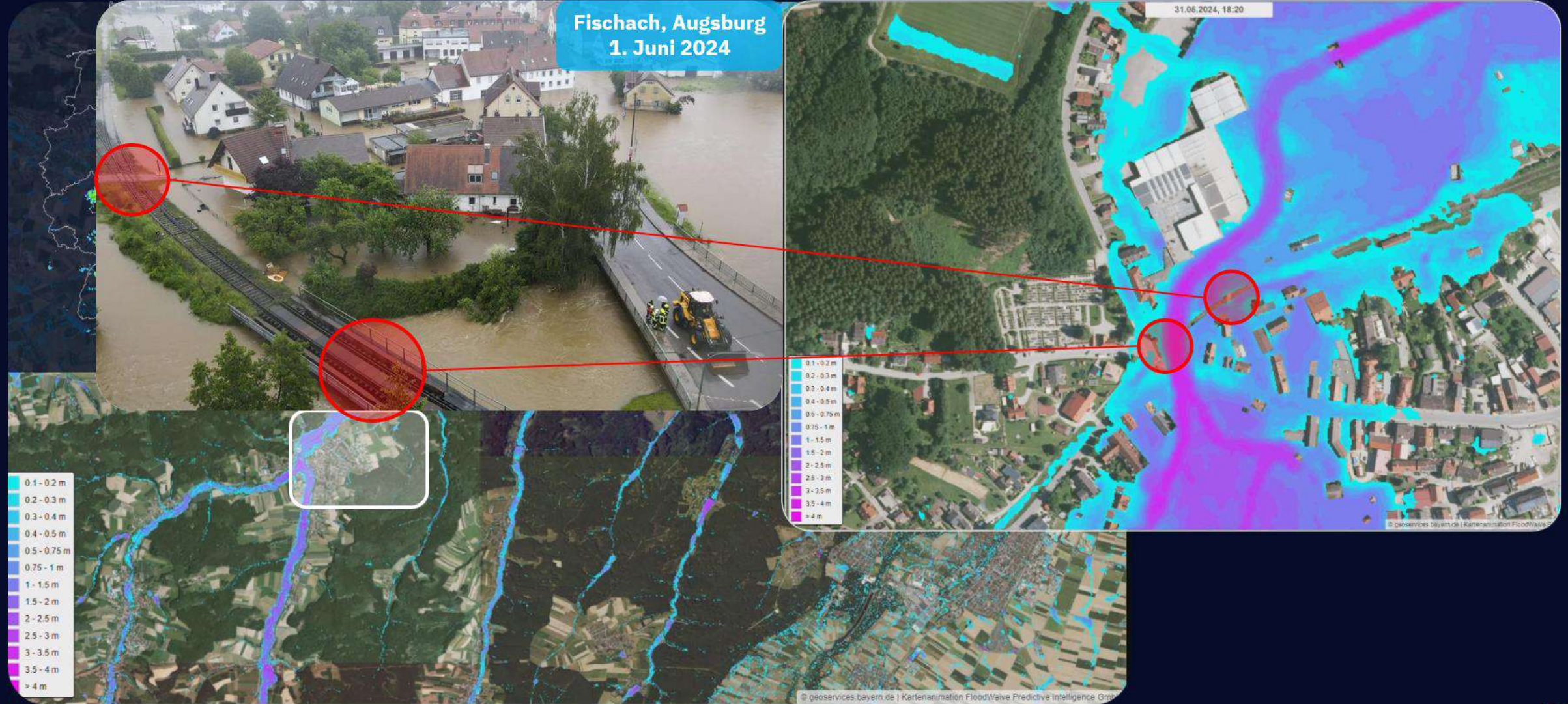
Zwei Einsatzzwecke: Risikoanalyse & Frühwarnung



Beispieleinsatz: Hochwasservorhersage 1. Juni 2024 | Fischach



Beispieleinsatz: Hochwasservorhersage 1. Juni 2024 | Fischach



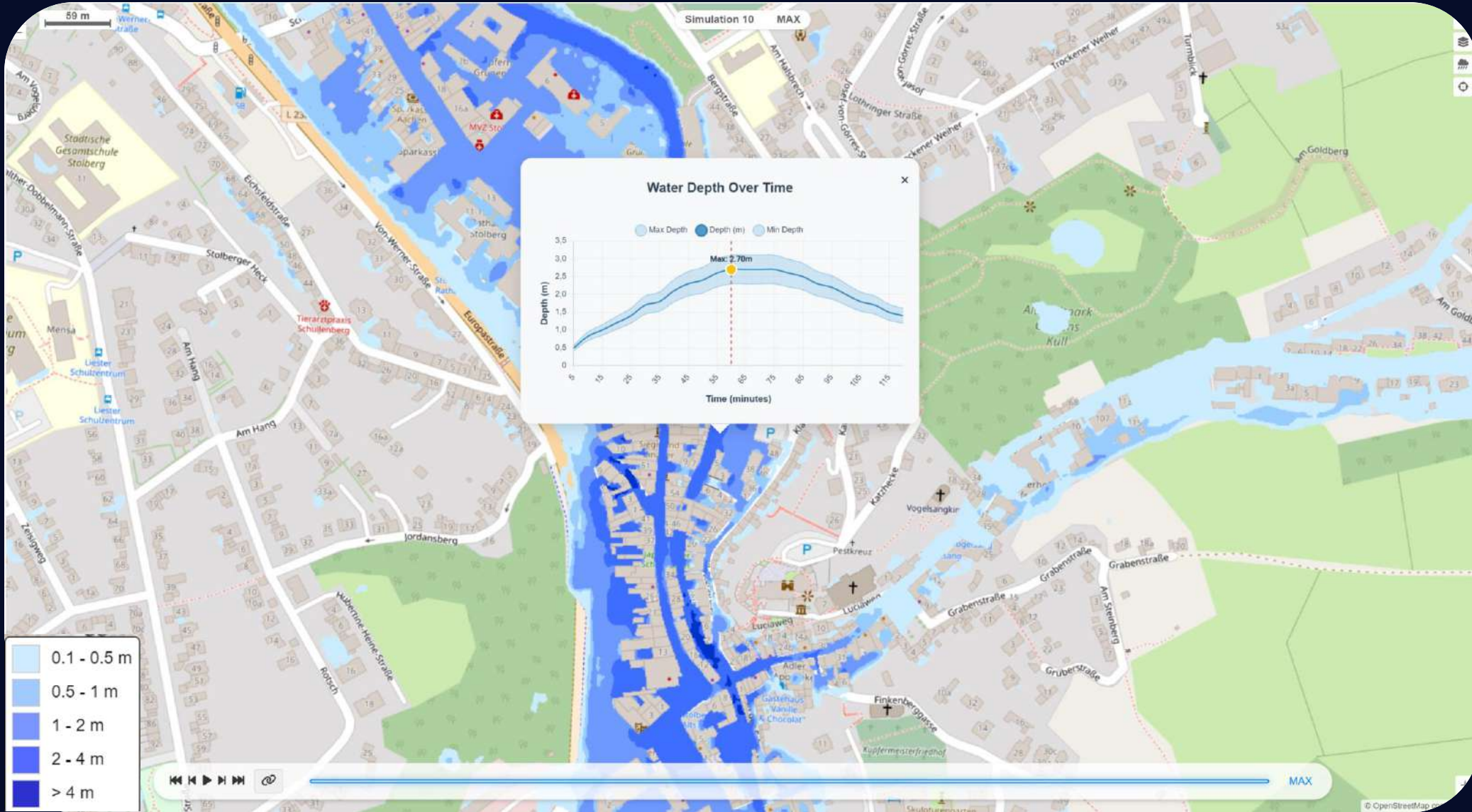
Einbindung von Online Pegeldaten & Sensordaten

The screenshot displays the FloodWaive Cloud 2.0 interface, which features a map of the Ruhr region and four interactive water level graphs. The interface includes a top navigation bar with the FloodWaive logo, a 'Server: offline' status, and a user profile icon. On the left, there is an 'Area Selection' panel with a 'Select Area' button. A scale bar indicates 2233 m. A legend at the bottom left shows flood depth categories: 0.1 - 0.5 m, 0.5 - 1 m, 1 - 2 m, 2 - 4 m, and > 4 m.

The four water level graphs are titled 'Water Level Over Time' and show the following data:

- Top Right Graph:** Shows a fluctuating water level between approximately 54 cm and 67 cm, with a maximum value of 57 cm. The x-axis represents dates from July 22, 2020, to August 6, 2020.
- Top Middle Graph:** Shows a fluctuating water level between approximately 28.6 cm and 29.3 cm, with a maximum value of 29 cm. The x-axis represents dates from July 22, 2020, to August 6, 2020.
- Bottom Left Graph:** Shows a water level that is mostly at 29 cm, with sharp drops to 0 cm. The x-axis represents dates from July 22, 2020, to August 6, 2020.
- Bottom Right Graph:** Shows a water level that is mostly between 100 cm and 150 cm, with a sharp peak of 301 cm. The x-axis represents dates from July 22, 2020, to August 6, 2020.

Adhoc-Berechnung Esembles | Überflutungswahrscheinlichkeiten



Einbindung in Einsatzführungssysteme (z.B. Fireboard oder EFTAS)

The screenshot displays a software interface for flood simulation. At the top, there is a menu bar with 'File', 'Edit', 'View', 'Window', and 'Help'. Below the menu bar are several input fields: 'Einsatzstichwort', 'Einsatzort', 'Meldender', 'Benutzerkürzel', 'Objektnr.', and 'Datum-Uhrzeitgruppe'. A 'Datensätze' button is located to the right of these fields.

The main area features a satellite map of a city with a river. A text box above the map indicates 'Aktuelle Uhrzeit: 11:17:34 Uhr' and 'Keine Vorhersage ausgewählt'. To the right of the map is a vertical legend for 'Wasserstand (m)' with a color scale from 0.1 (light blue) to 5 (pink). The legend values are: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2, 3, 4, 5.

Below the map is a 'Zeichnen' section with icons for drawing tools. To the right of the map is a 'Speichern/Laden' button.

On the right side of the interface, there is a 'Datensätze' panel. It contains a 'Basiskarten' section with a list of map options: 'NRW-Atlas: Topographische Karten (alle Zoomstufen)', 'NRW-Atlas: Topo. Karte 1:50.000 (Zoom 1 km - 500 m)', 'NRW-Atlas: Topo. Karte 1:25.000 (Zoom 500 m - 300 m)', 'NRW-Atlas: Topo. Karte 1:10.000 (Zoom 300 m - 30 m)', 'NRW-Atlas: Orto-Foto RGB', 'NRW-Atlas: Orto-Foto SW', and 'Lageplan'. Below this is a 'Wasserstandsvorhersagen' section with a 'Simulation Starten' button and a list of time intervals from 11:20 Uhr to 13:15 Uhr.

Einbindung in Einsatzführungssysteme (z.B. **Fireboard** oder EFTAS)

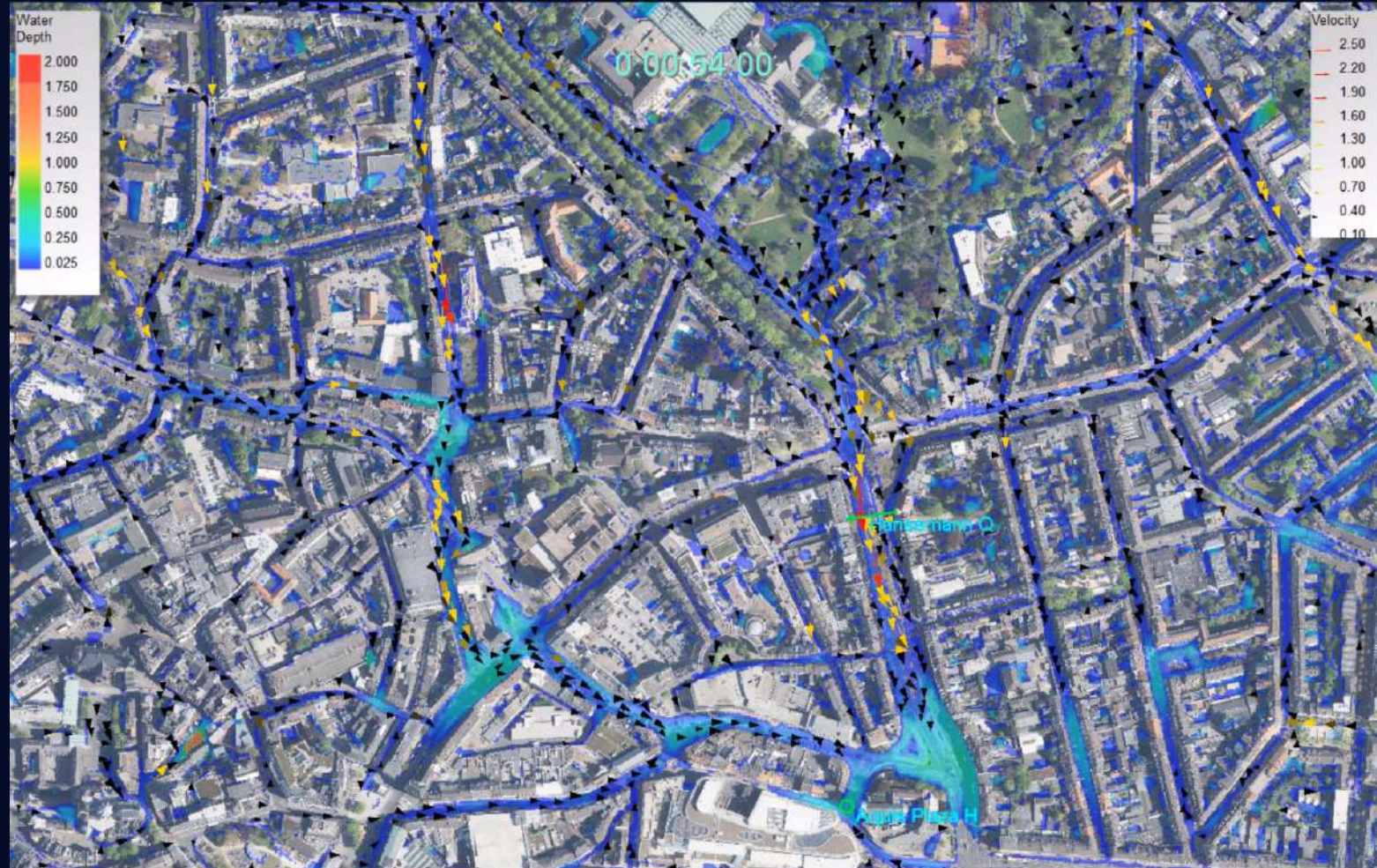


- 1 **Schnelle Einbindung in bestehende Informationssysteme**
- 2 **Kurze Einarbeitung und intuitive Nutzung durch bekannte Umgebung**
- 3 **Training und Schulung für den Ereignisfall mit Hilfe variabler Szenarien**
- 4 **Alle Informationen in einem System**

Nachrechnung des Starkregenereignisses 29.05.2018 in Aachen



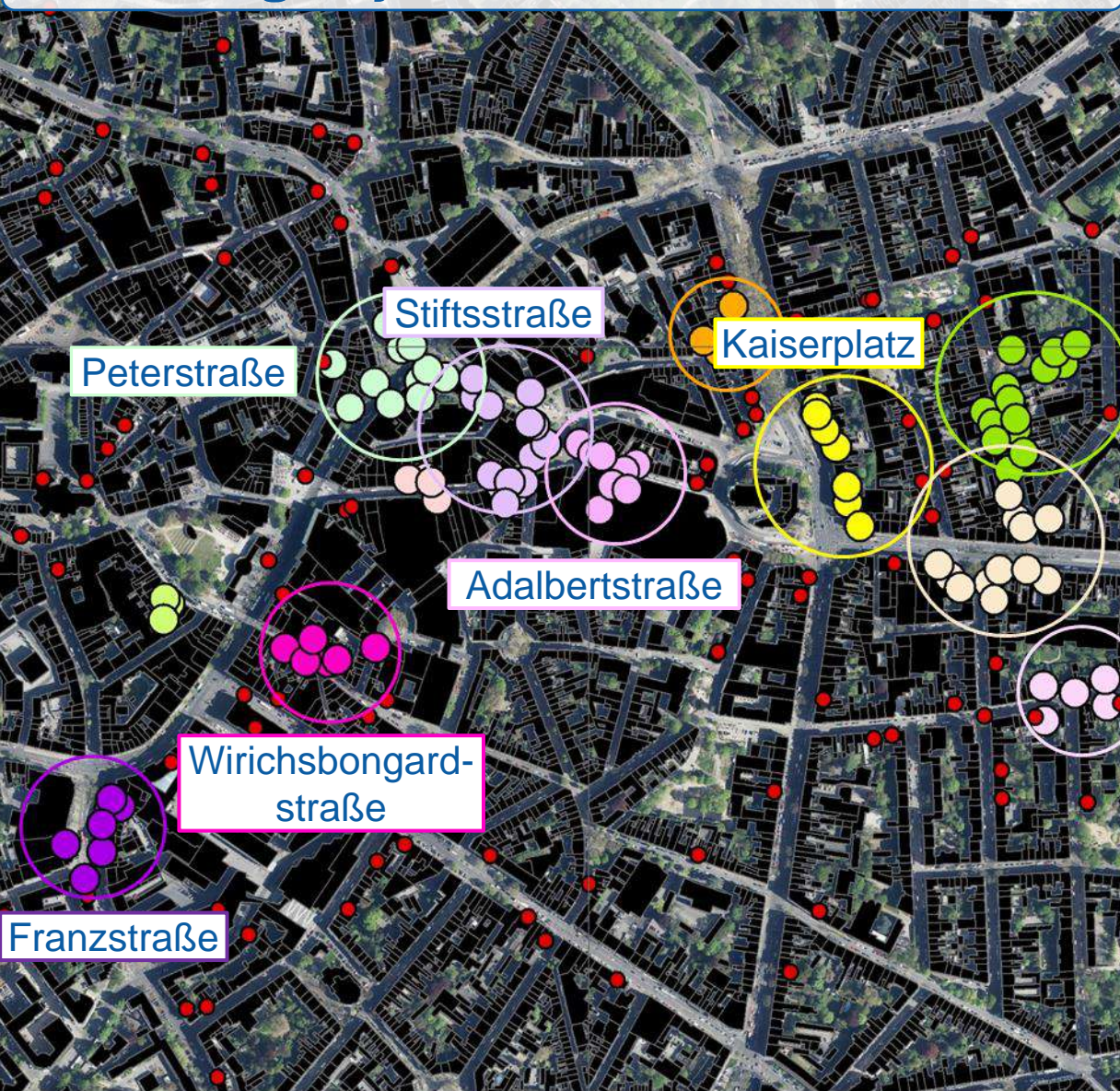
Rechenzeit:
1 second



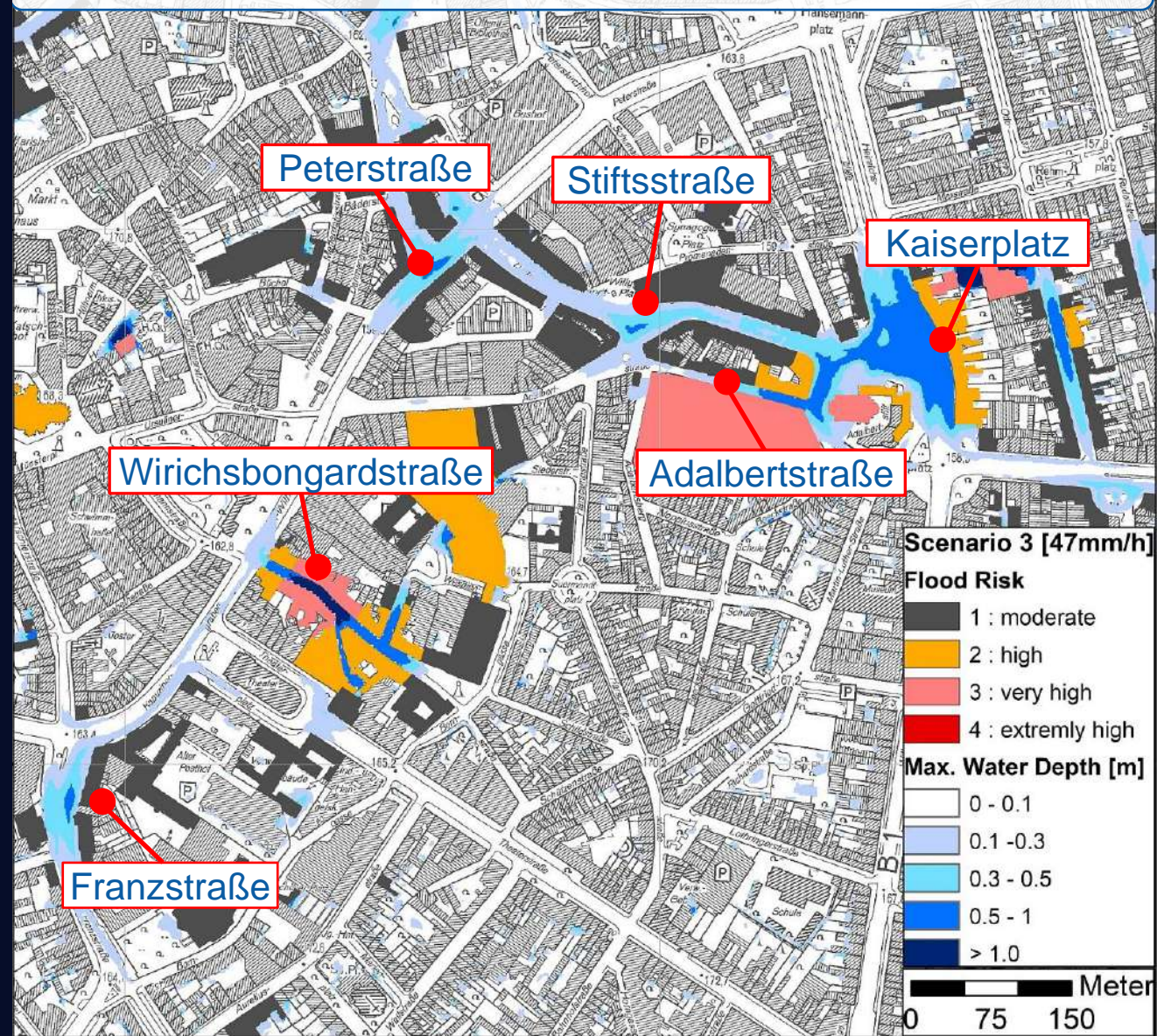
Vorhersage des KI-Hybrid-Modells

Modellvalidierung des Starkregenereignisses 29.05.2018

Emergency Calls 29.05.2018 Aachen



Hindcast Simulation



Modellvalidierung des Starkregenerignisses 29.05.2018

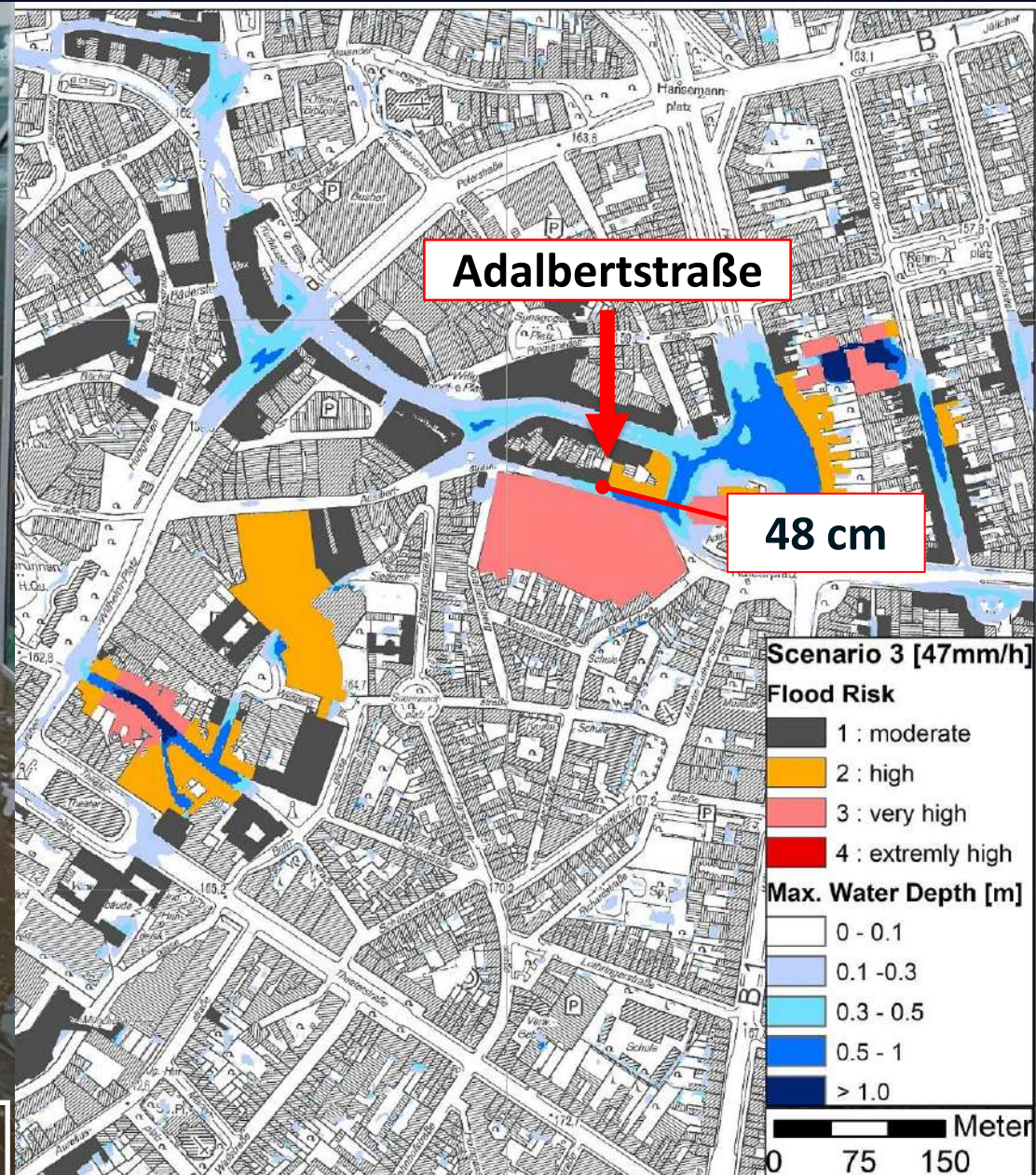


Franzstraße 14:55

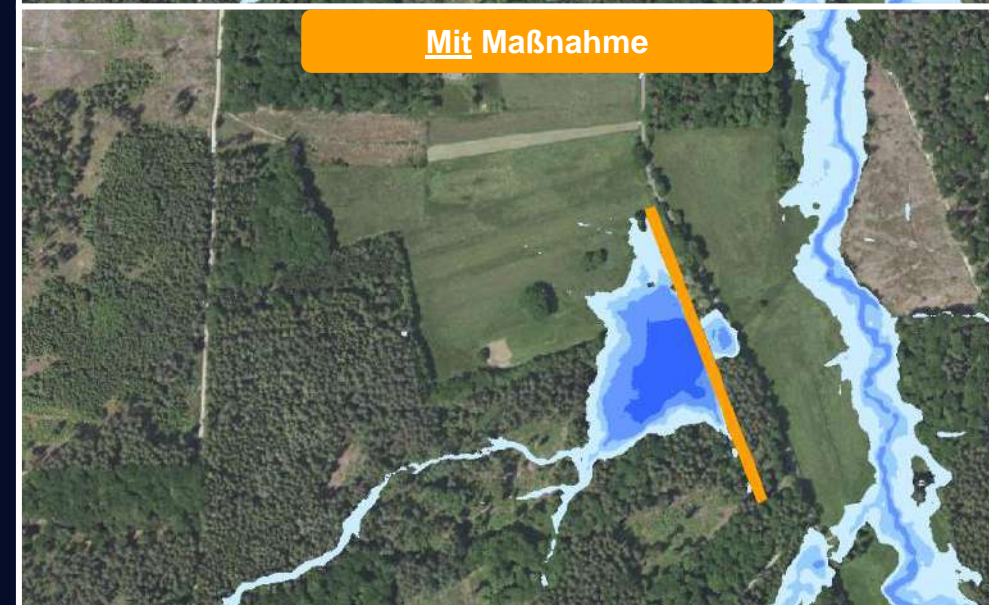
Franzstraße



Modellvalidierung des Starkregenereignisses 29.05.2018

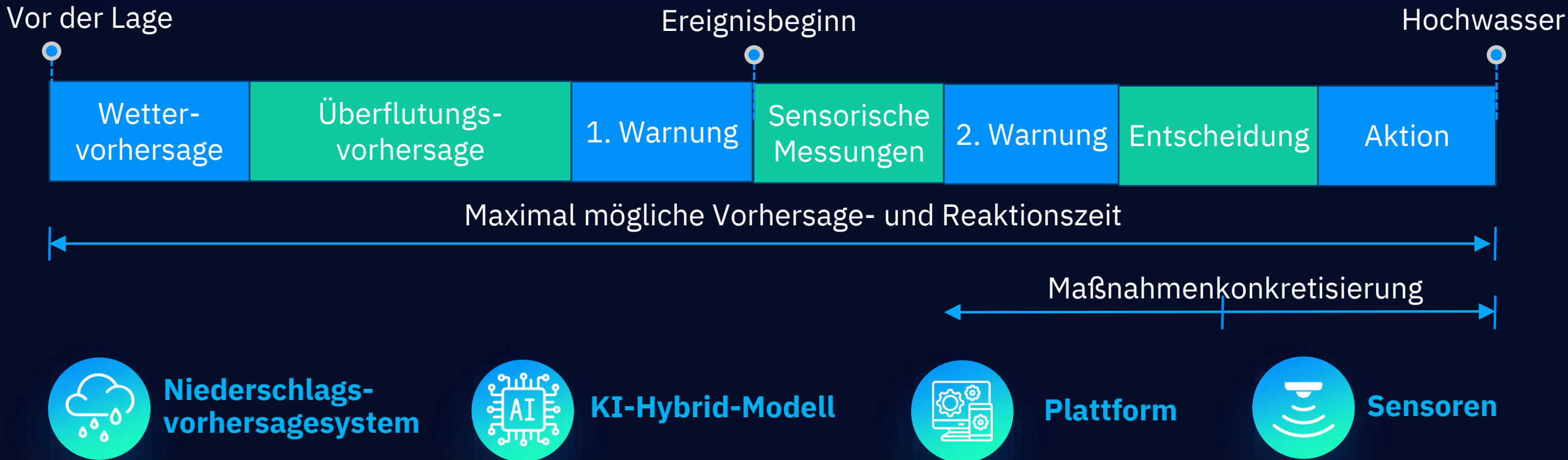


Echtzeit Analyse von Kaskadeneffekten oder Maßnahmen

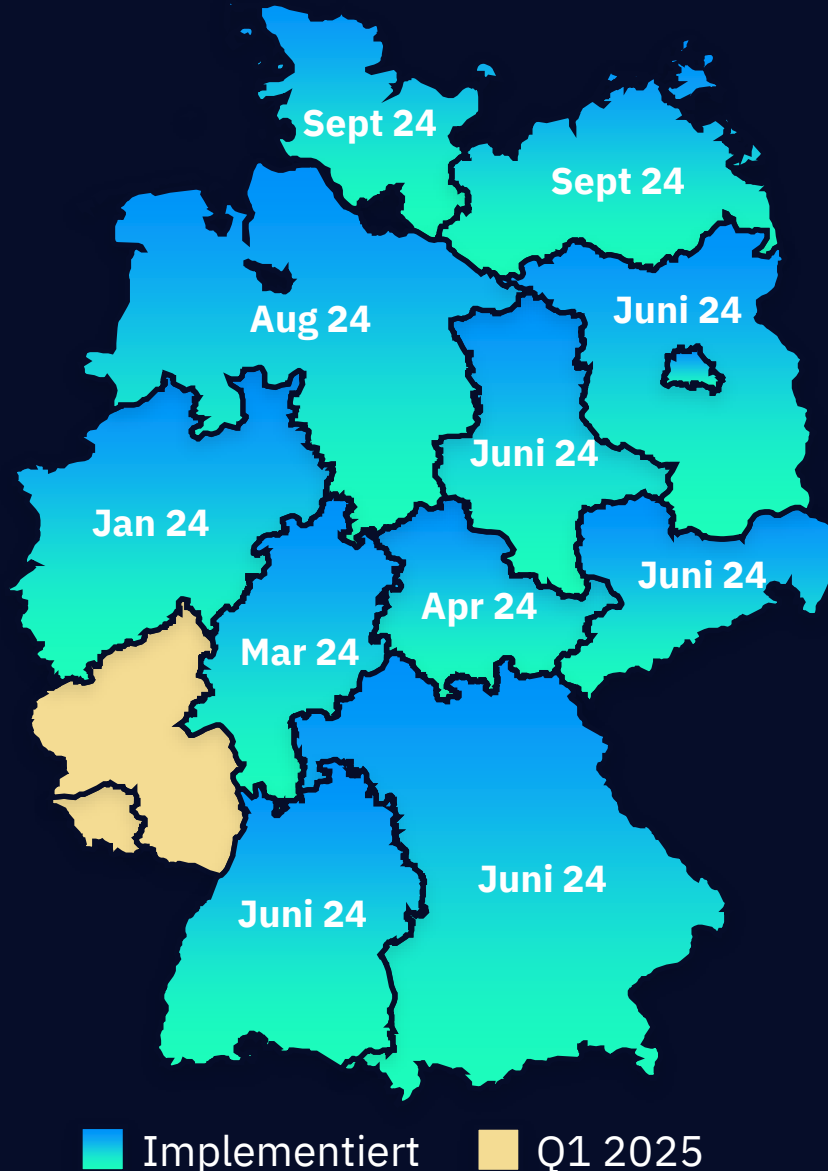


Einfache Integration in Katastrophenschutzportale

Konzept eines ganzheitlichen Entscheidungsunterstützungssystem



Technische Operationalität von FloodWaive Systems in Deutschland



- 1 **Operationelles Basis-System deckt technisch > 90% von Deutschland ab**
- 2 **Feinjustierung des Basis-System mit gebietsspezifischen Daten (Modellen, Sensoren, Anforderungen, etc.)**
- 3 **Vorhersage, Gefahrenanalyse, Lagedarstellung in einem System**
- 4 **Modernste Hochwasser-Lagedarstellung und Einsatzunterstützung für Großflächenlagen**

AUFKLÄRUNG AUCH FÜR BEVÖLKERUNG

3D-Visualisierungen auf Knopfdruck: Sensibilisierung Bevölkerung



Area Selection

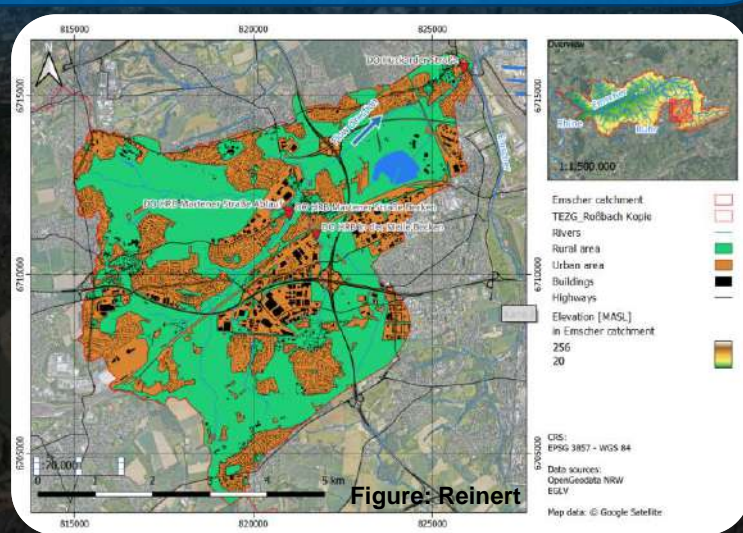
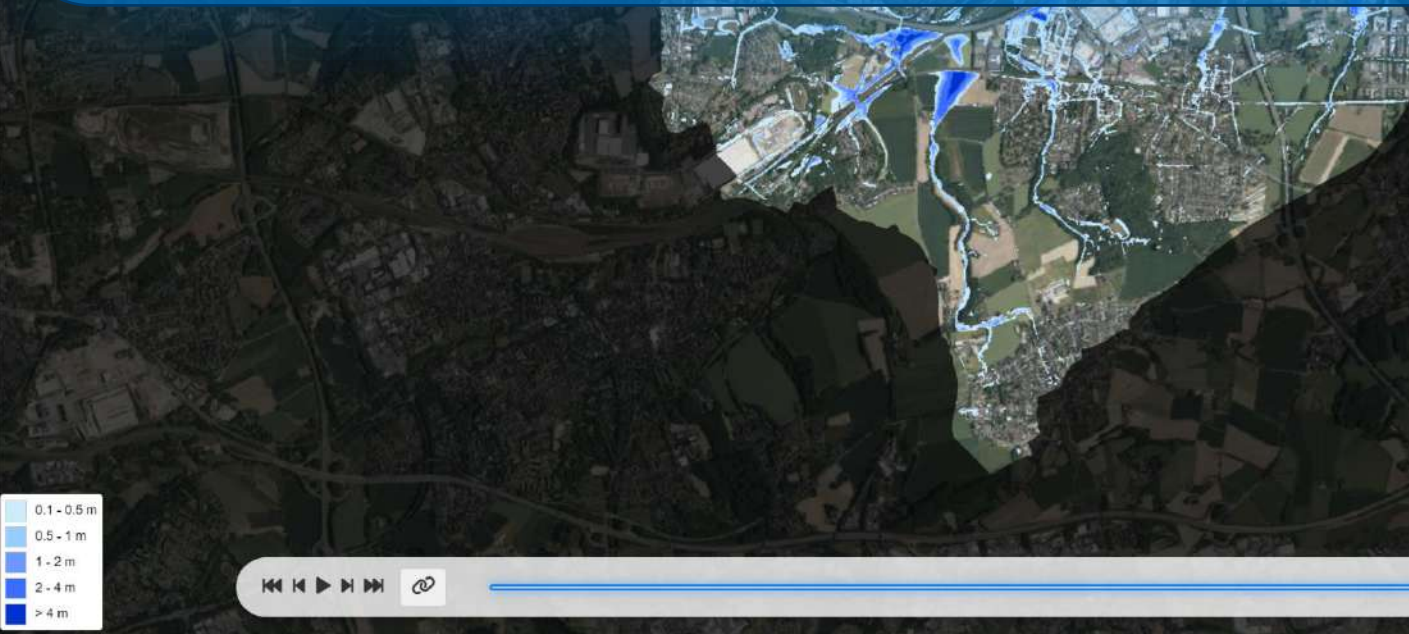
Roszbach +

Simulation

Simulations +



Erleben Sie live: Sekundenschnelle Hochwasser-Simulationen für Ihr Gebiet – vereinbaren Sie mit uns Ihre persönliche Demo!





FloodWaive



Revolutionizing Flood Risk Intelligence

Dr.-Ing. Julian Hofmann

CEO and Founder, FloodWaive GmbH

Junior Research Group Leader Flood Forecasting

RWTH Aachen University

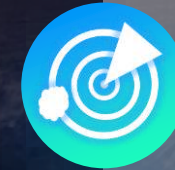
hofmann@floodwaive.de

hofmann@iww.rwth-aachen.de



AI RiskAnalyzer

Schnelle Risikoanalyse
und Evaluation von
Schutzmaßnahmen



AI FloodCast

Impaktbasierte
Hochwasserfrühwarnung
in Echtzeit



Flood Risk Consulting

Standortbezogene
Bewertung des
Hochwasserrisikos