

# Entwicklung eines Neuartigen Datengetriebenen Überflutungsvorhersagemodells für Pumpwerke

Sebastian Ramsauer<sup>1\*</sup>, Felix Schmid<sup>1</sup>, Georg Johann<sup>2</sup>, Daniela Falter<sup>2</sup>, Hannah Eckers<sup>2</sup>, Leonie Müller<sup>1</sup>, Jorge Leandro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Siegen | Forschungsinstitut Wasser und Umwelt | Lehrstuhl für Hydromechanik und Wasserbau | \*Kontakt: Sebastian.Ramsauer@uni-siegen.de

<sup>2</sup>Emschergenossenschaft und Lippeverband, Essen, Germany

## Einführung

### Problemstellung

- Notwendigkeit von Pumpwerken für das Abflussmanagement in abflusslosen Polderflächen in urbanen Gebieten

→ Hohes Hochwasserrisiko bei Ausfall der Pumpwerke oder einzelner Pumpen  
→ Keine rechtzeitige Einleitung von Maßnahmen aufgrund geringer Vorlaufzeit

### Zielsetzung

- Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der **Versagenswahrscheinlichkeit jeder Pumpe**, um den Ausfall eines Pumpwerkes vorhersagen zu können
- Entwicklung eines **Vorhersagesystems mit Künstlicher Intelligenz (KI)** für Echtzeitvorhersagen, um eine rechtzeitige und gezielte Einleitung von Schutzmaßnahmen zu ermöglichen

## Untersuchungsgebiet

- Stadt Dorsten in Nordrhein-Westfalen
- Stadtgebiet mit 546.53 ha und 76.200 Einwohnern
- Zusammenfluss von Hammabach und Wienbach im Stadtgebiet
- Abflusslose Polderfläche im Stadtgebiet durch Kohleabbau



→ **Pumpwerk mit 4 Hochwasserpumpen und einem Gesamtförderleistung von insgesamt 15,5 m³/s**

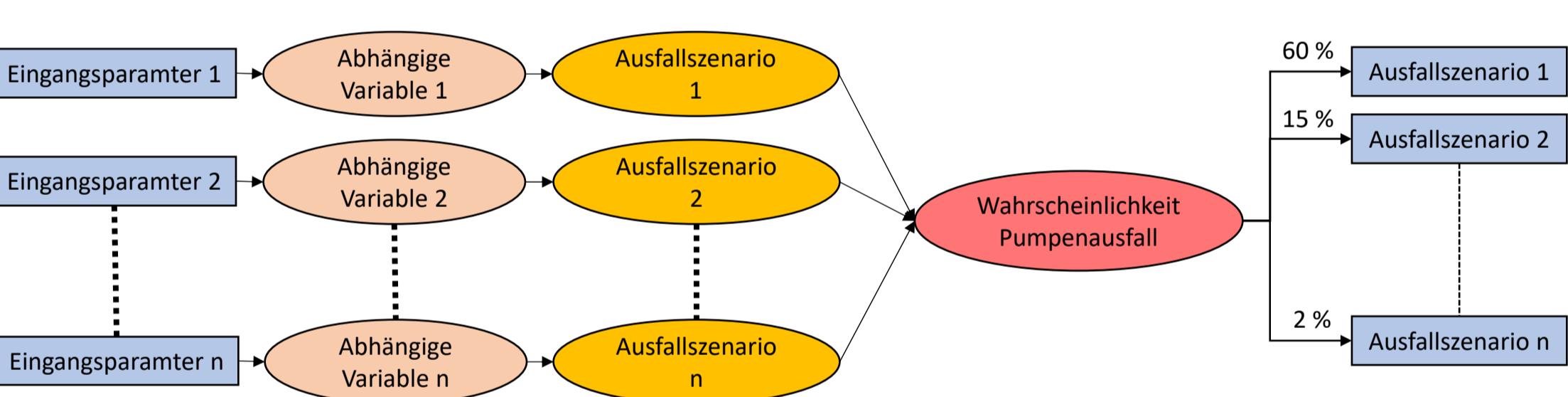
## Methodik - Pumpenvorhersagetool

→ **Vorhersagesystem** für die Bestimmung der Ausfallwahrscheinlichkeit einer Pumpe und Ausfallszenarien gemäß verbleibender Förderleistung



### Anwendung eines Bayes'schen Netzwerks:

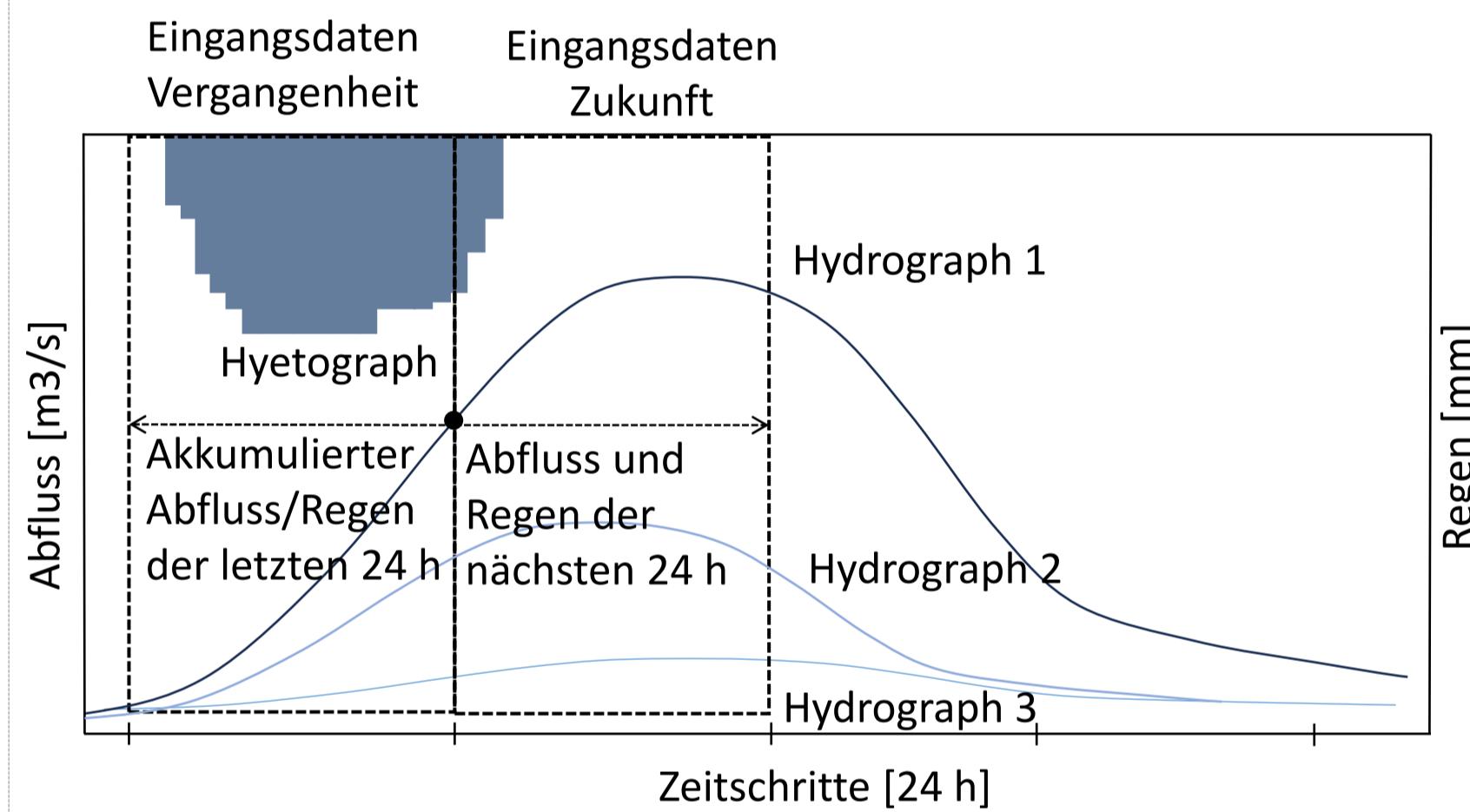
- Kettenregel der Wahrscheinlichkeit:  $P(A, B) = P(A) * P(B|A)$
- Bayes-Theorem:  $P(A|B) = \frac{P(B|A)*P(A)}{P(B)}$



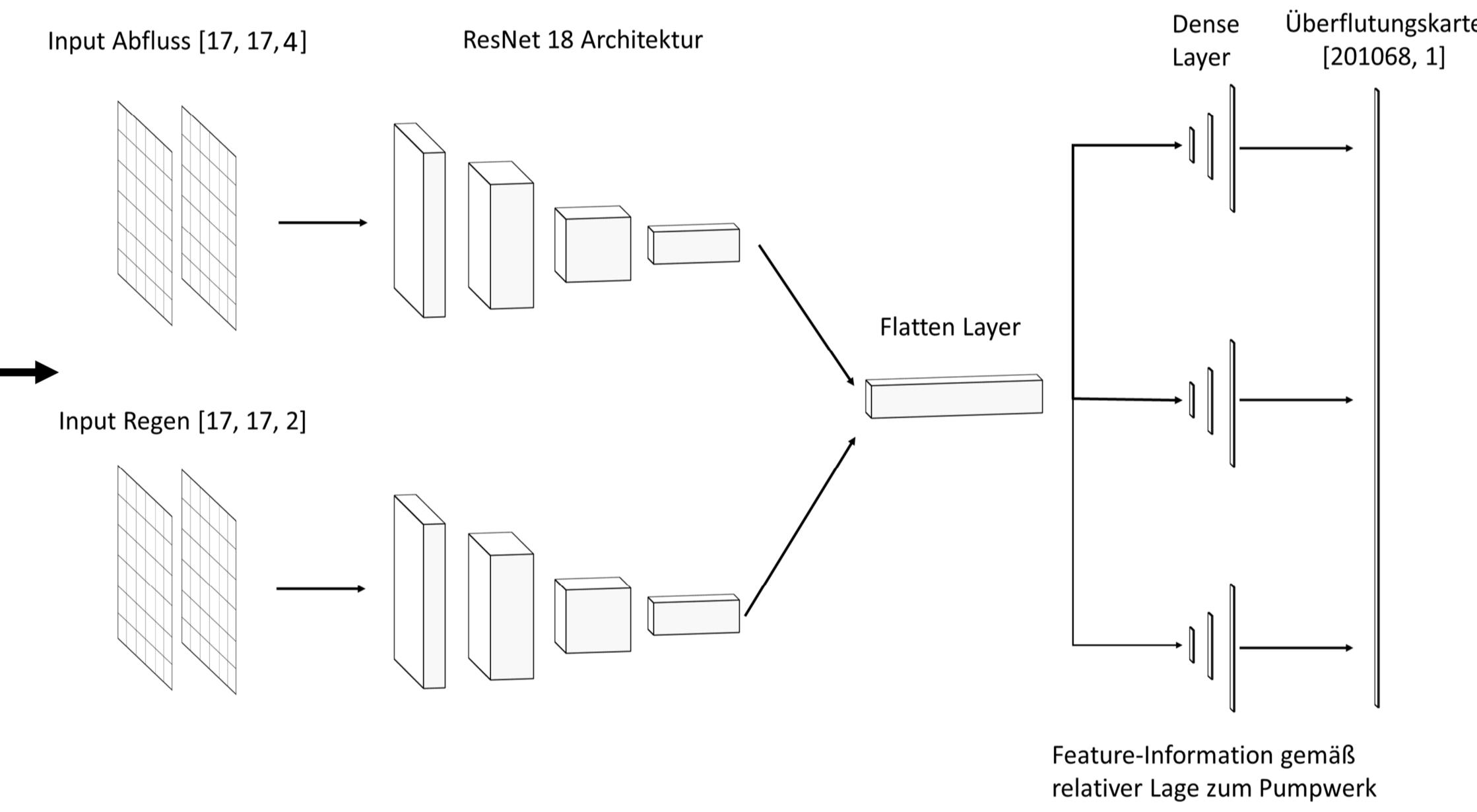
## Methodik - Datengetriebenes Vorhersagemodell

### Inputdaten KI:

- Regen der nächsten 24 h
- Akkumulierter Regen der vergangenen 24 h
- 3 Zuflussganglinien der nächsten 24 h
- Akkumulierter Abfluss der vergangenen 24 h



- Effiziente Architektur für eine optimale Implementierung in das Anwendungssystem
- Dyn. Vorhersage des maximalen Wasserstandes für ein Zeitfenster von 24 h und Zeitschritt von 6 h
- Vorhersage von pluvialen und fluvialen Überschwemmungen



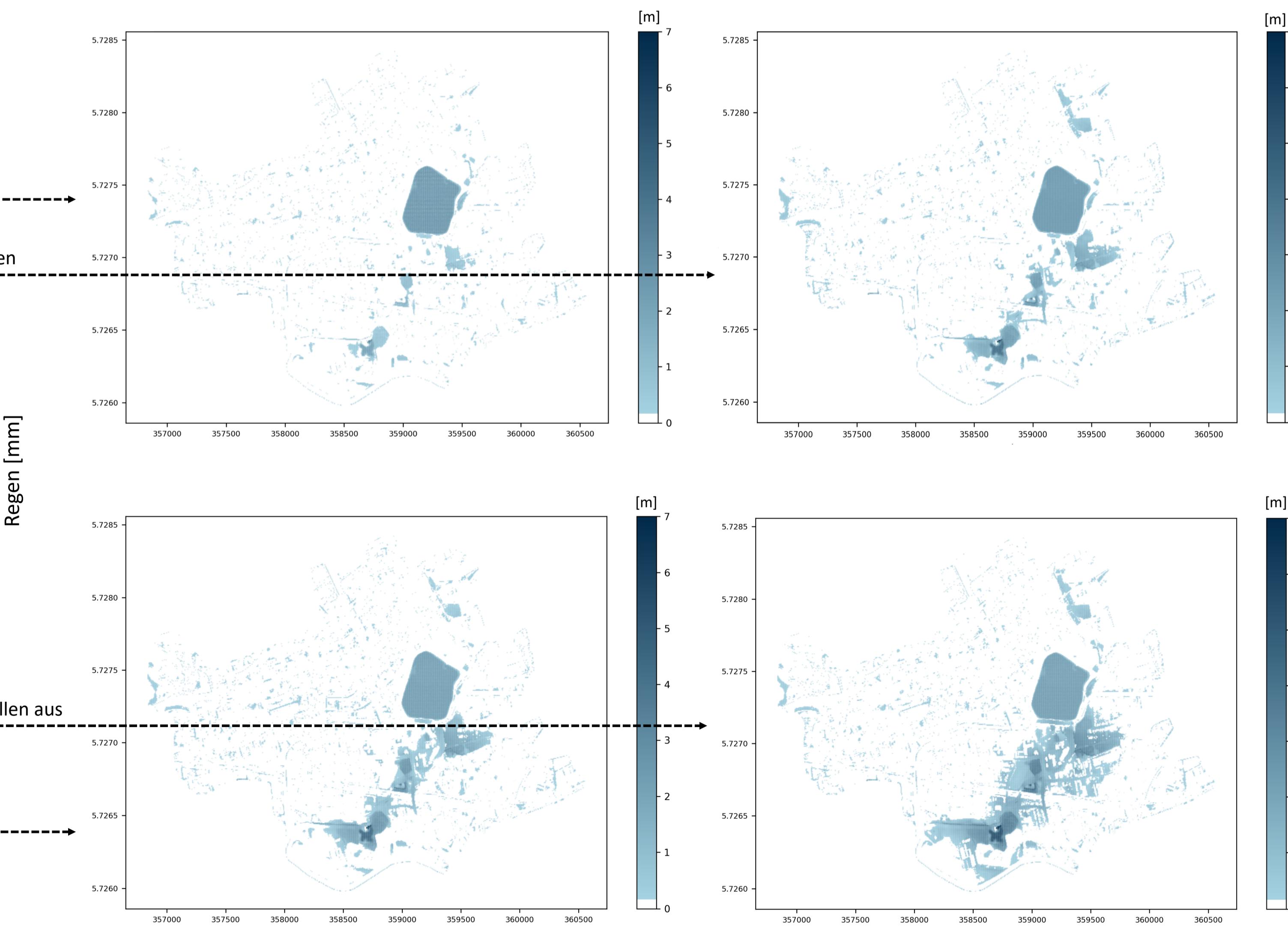
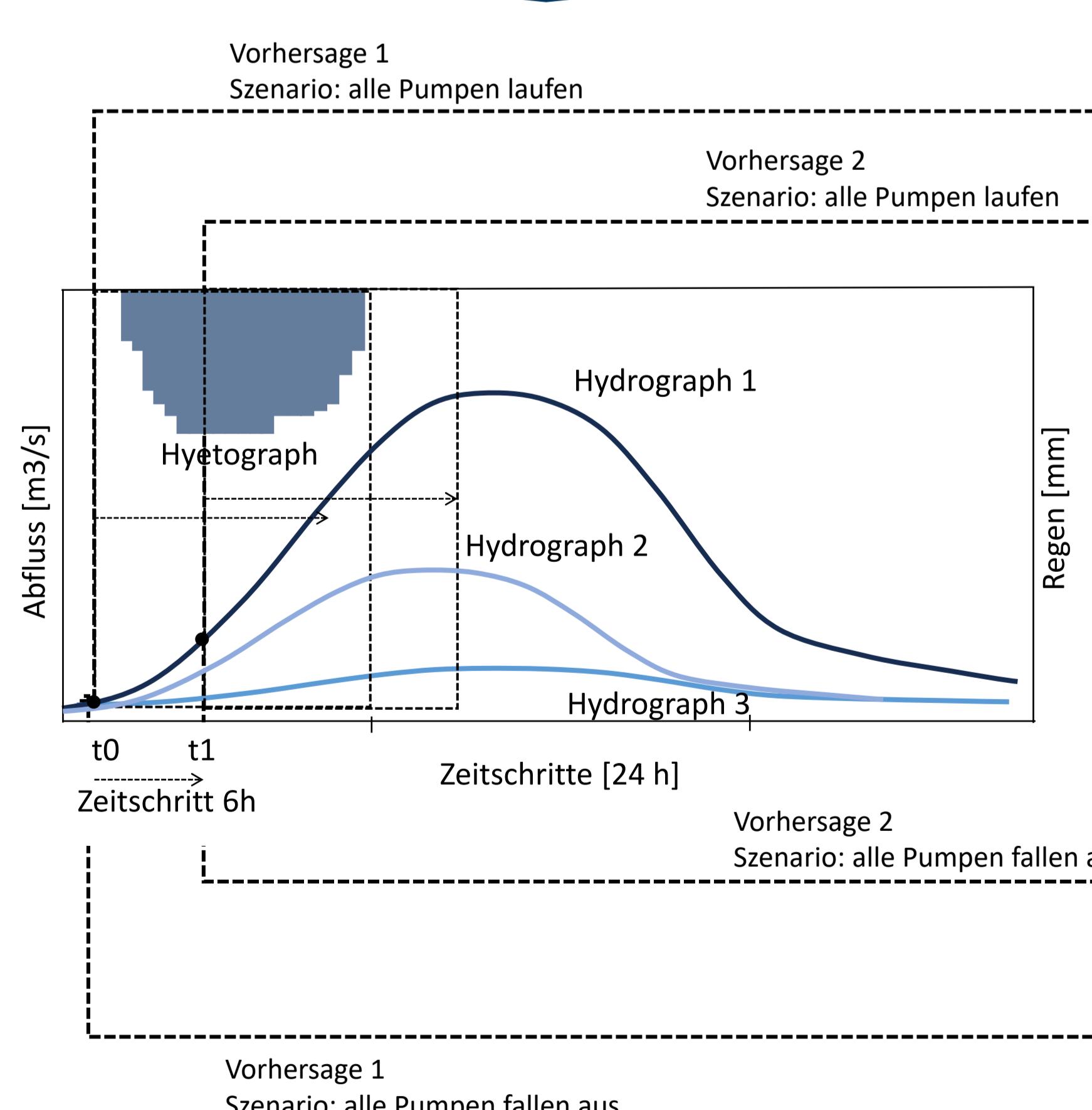
## Ergebnisse

### 1. Vorhersage der Ausfallwahrscheinlichkeiten

- Einflussgrößen**
- Art der Versorgung
  - Unwetter
  - Abfluss/Hochwasser
  - Bauweise der Pumpe (Sedimentschutz, Spülhülsen, etc.)
  - Zustand der Pumpe (Alter, Wartung, etc.)
  - Aktueller Betriebszustand

- Ausfallmechanismen:**
- Stromausfall
  - Hochwasser
  - Blockade z.B. durch Sedimente beim Start
  - Blockade während Betrieb
  - Elektrotechnische Fehler/ Betriebsfehler

### 2. Vorhersage der Überflutungskarte für das korrespondierende Ausfallszenario



## Fazit

### Zusammenfassung

- Ausfallwahrscheinlichkeit von Pumpen und Überflutungskarten in Sekunden durch künstliche Intelligenz
- Dyn. Vorhersage der maximalen Wassertiefe für einen Zeitschritt von 6 h und einem Vorhersagefenster von 24 h
- Gute Implementierung durch rechenärmere KI-Struktur

### Ausblick:

- Übertragbarkeit auf weitere Ausfallszenarien (z.B. Deichbruch, Dammbruch, etc.)
- Verbesserung der KI-Struktur (Vereinheitlichung, dynamische Vorhersage)
- Vorhersage eines dynamischen Ausfallprozesses

## Referenzen

- Schmid, F.; Leandro, J. A Feature-Informed Data-Driven Approach for Predicting Maximum Flood Inundation Extents. *Geosciences* 2023, 13, 384. <https://doi.org/10.3390/geosciences13120384>  
 Bi, Z. Q.; Li, C. M.; Li, X. J.; Gao, H. (2017): Research on fault diagnosis for pumping station based on T-S fuzzy fault tree and Bayesian network. In: *J. Electr. Comput. Eng.* 2017, 11, S. 1–7  
 Jacobs, J. A.; Mathews, M. J.; Kleingeld, M. (2018): Failure Prediction of Mine De-watering Pumps. In: *J. Fail. Anal. and Preven.* 18, S. 927–938 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11668-018-0488-3>  
 Korving, H.; Ottenhoff, E. C. (2008): Analysis of the causes of pump failure and differences of failure characteristics. In: *Water Sci Technol* 1. April 2008; 57 (8): S. 1271–1276. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.304>