

Entwicklung eines Neuartigen Datengetriebenen Überflutungsvorhersagemodells für Pumpwerke

Sebastian Ramsauer^{1*}, Felix Schmid¹, Georg Johann², Daniela Falter², Hannah Eckers², Leonie Müller¹, Jorge Leandro¹

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

²Emschergerossenschaft 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

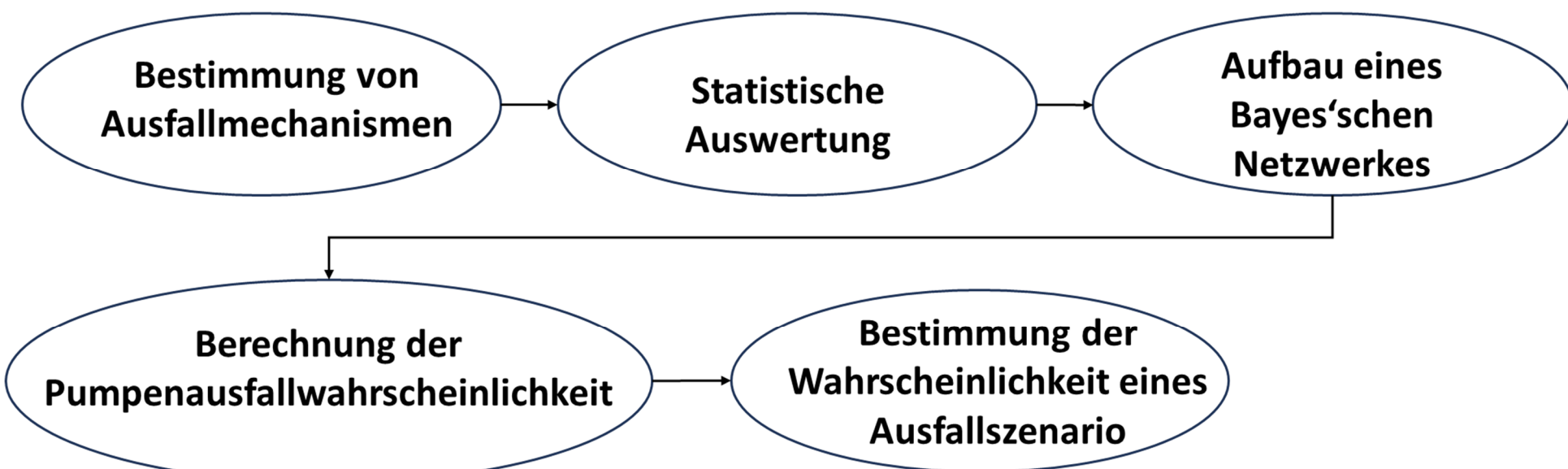
- Stadt Dorsten in Nordrhein-Westfalen
- Stadtgebiet mit 546.53 ha und 76.200 Einwohnern
- Zusammenfluss von Hammbach und Wienbach im Stadtgebiet
- Abflusslose Polderfläche im Stadtgebiet durch Kohleabbau

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



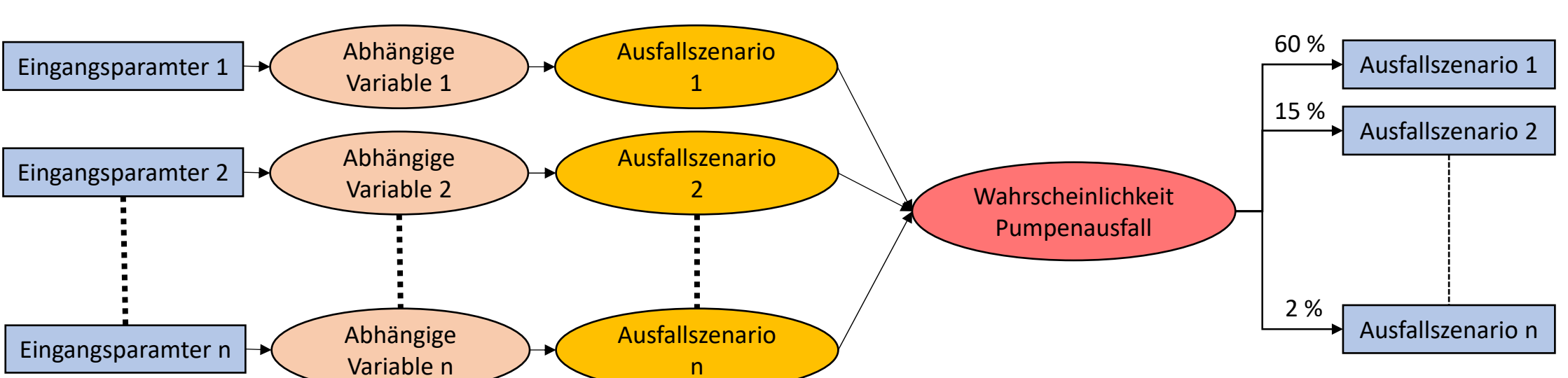
Methodik - Pumpenvorhersagetool

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



Anwendung eines **Bayes'sches Netzwerk**:

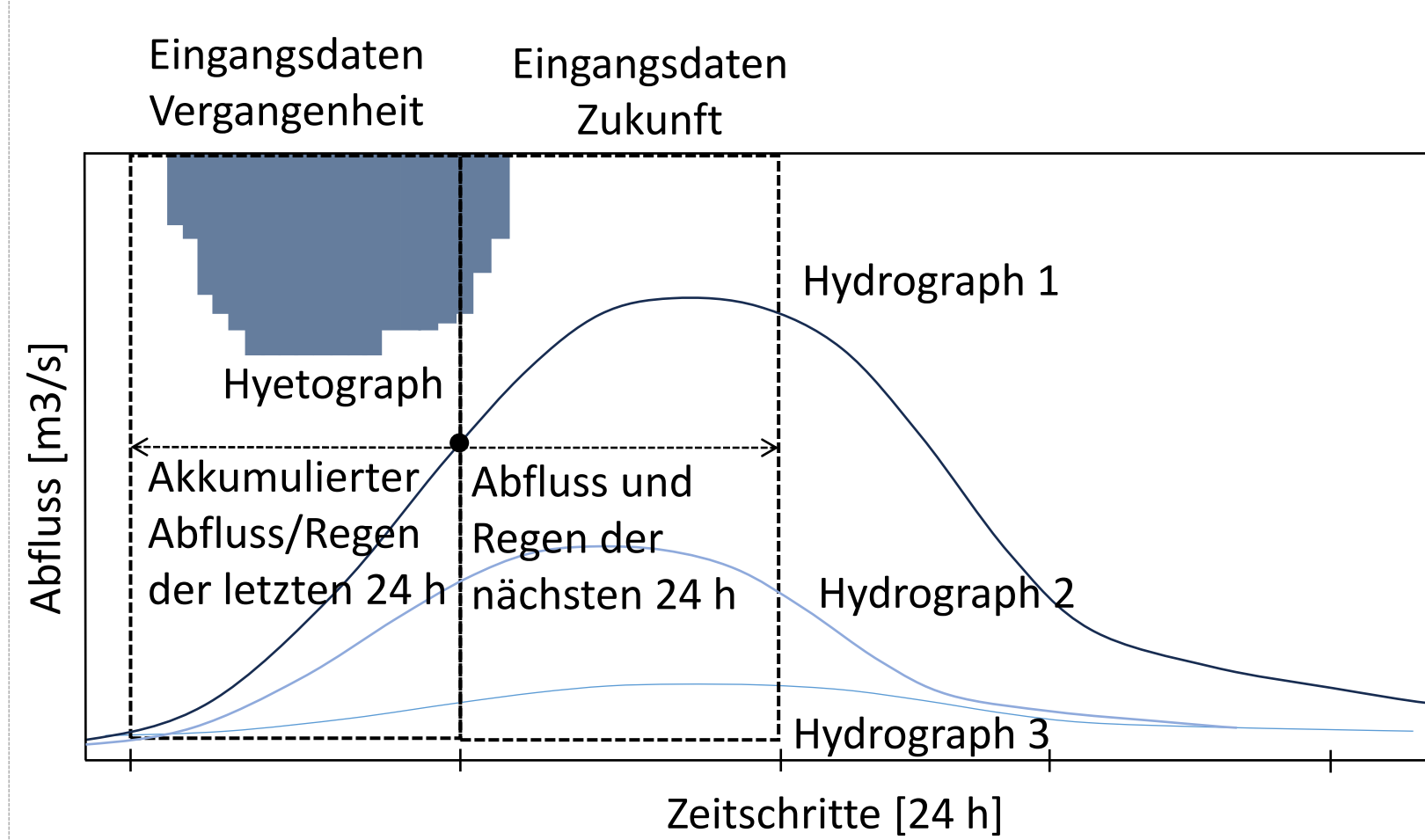
- Kettenregel der Wahrscheinlichkeit: $P(A, B) = P(A) * P(B|A)$
- Bayes-Theorem: $P(A|B) = \frac{P(B|A) * P(A)}{P(B)}$



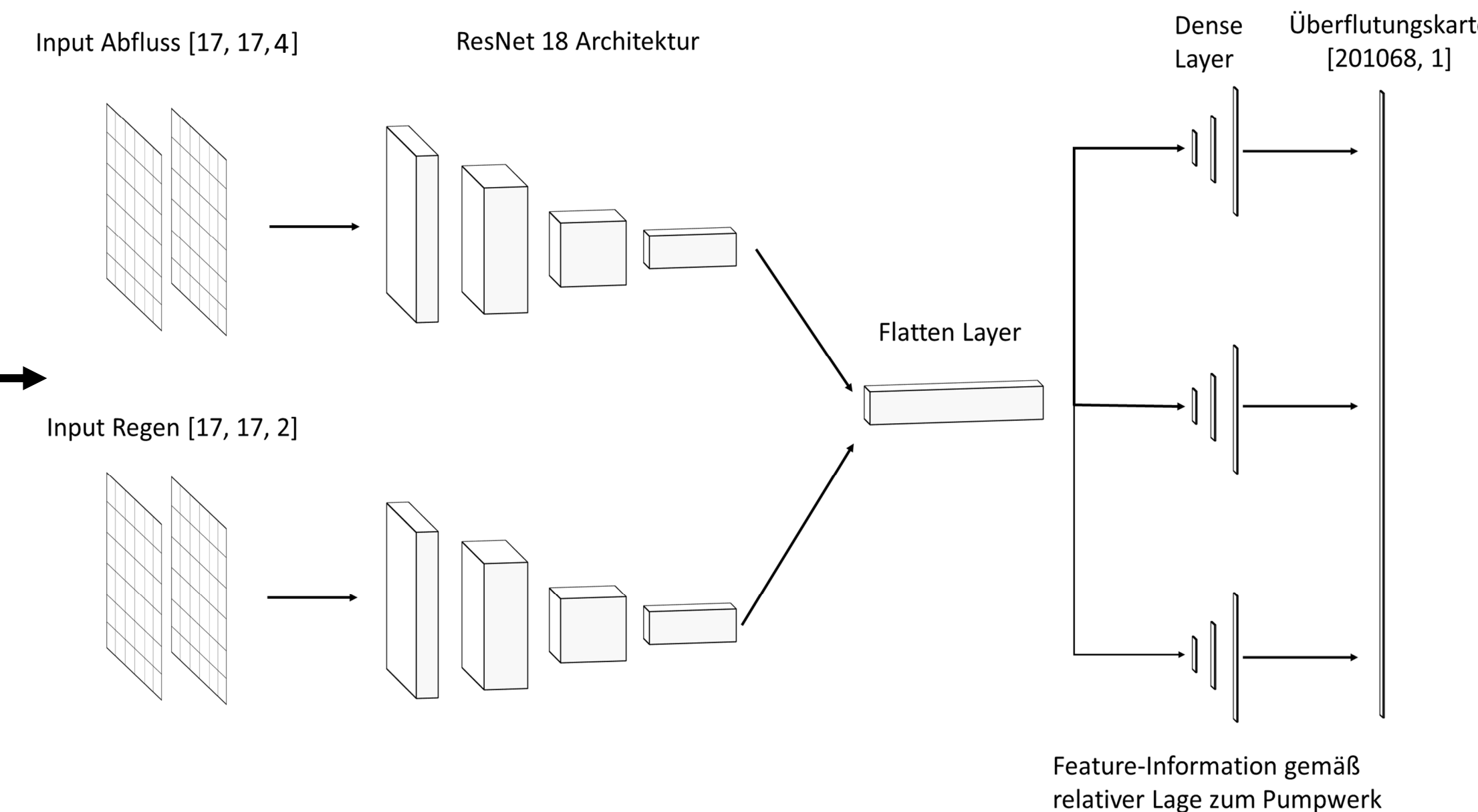
Methodik - Datengetriebenes Vorhersagemodell

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

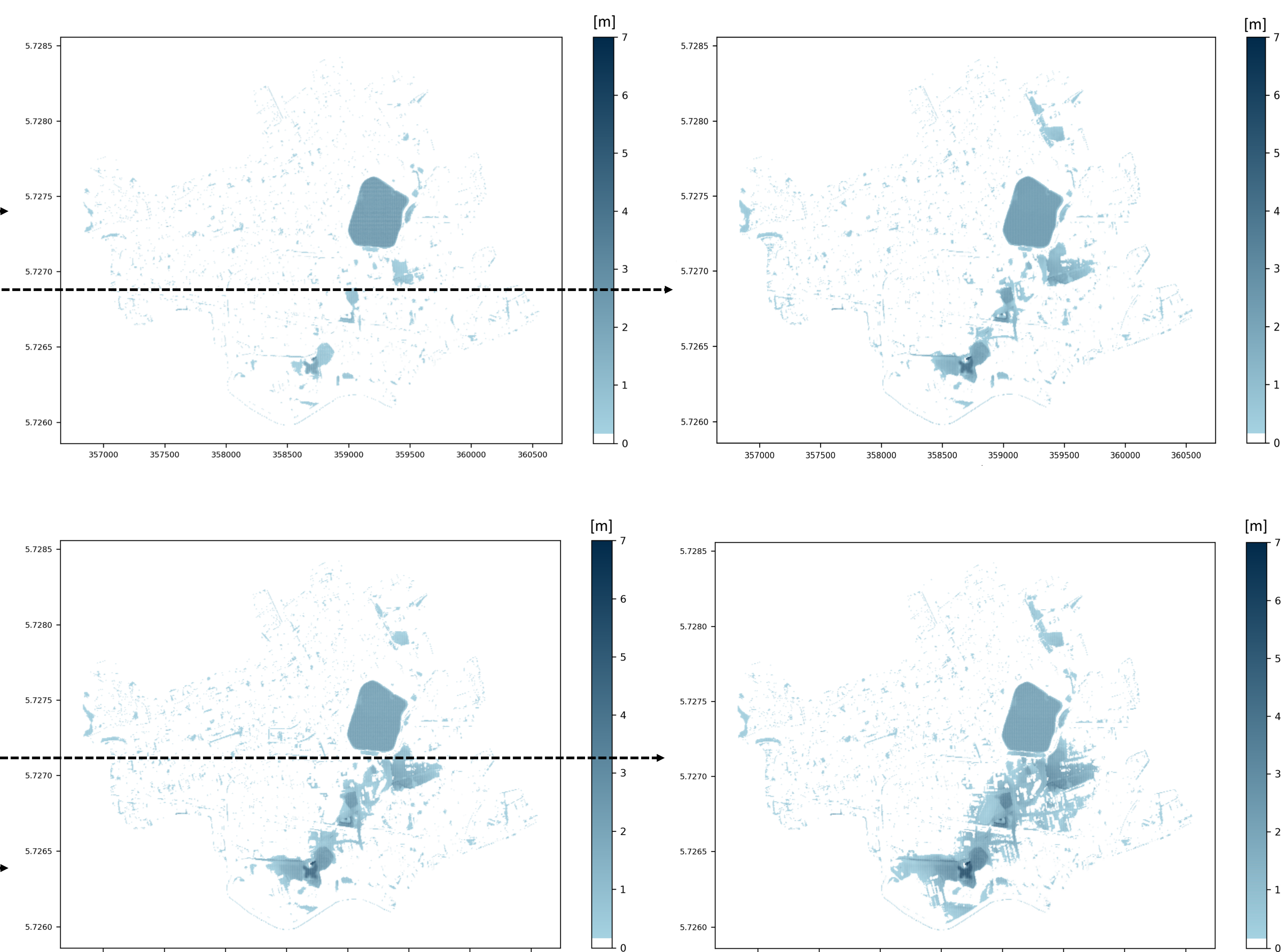
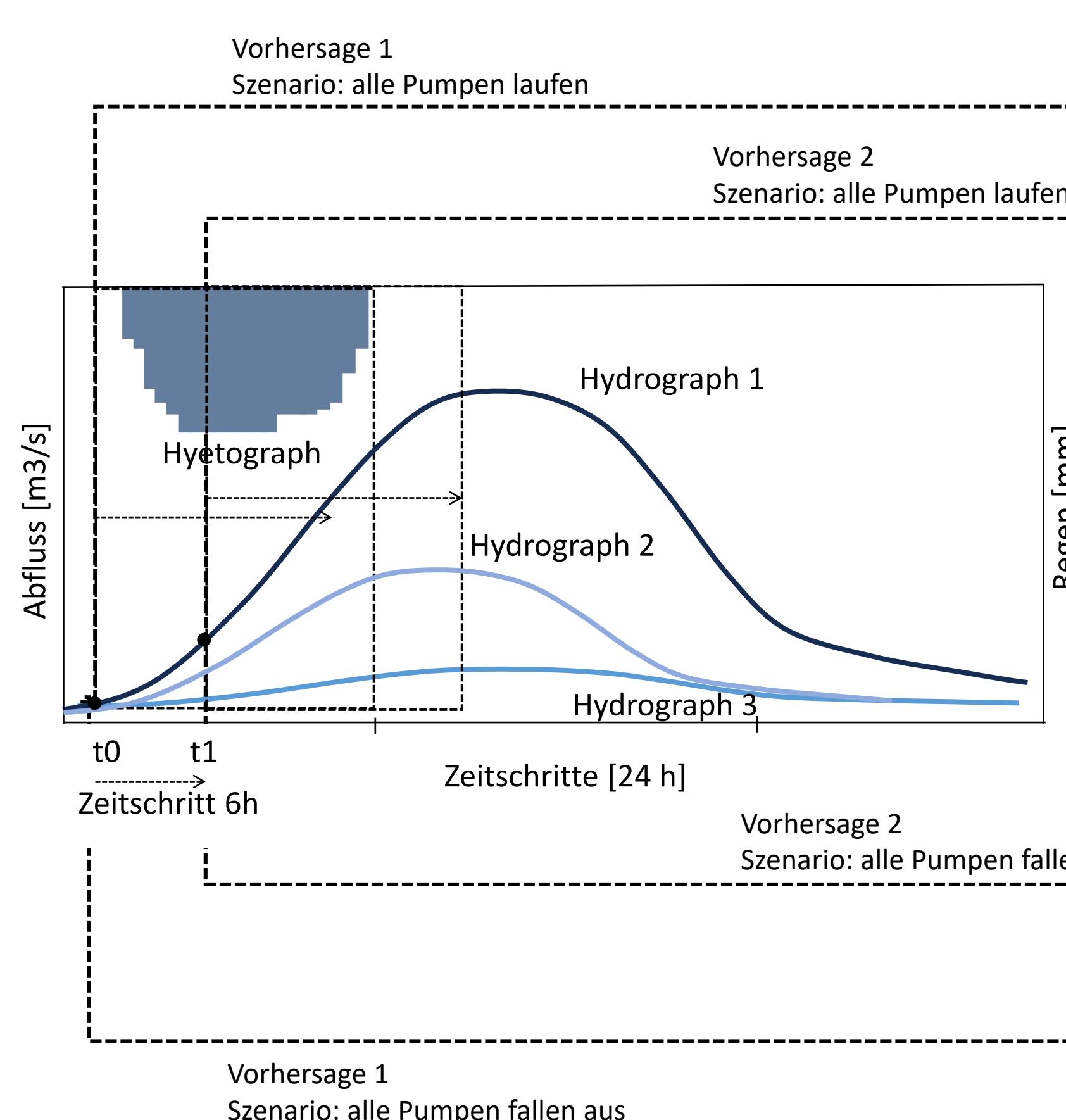
2. Vorhersage der Überflutungskarte für das korrespondierende Ausfallszenario

Einflussgrößen

- Art der Versorgung
- Unwetter
- Abfluss/Hochwasser
- Bauweise der Pumpe (Sedimentschutz, Spühdüsen, 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



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 Extends. 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>

Verbundpartner:



Assoziierte Partner:



Verantwortliches Institut
Universität Siegen:



Projekt:

Teil des
Sicherheitsforschungsprogramm:
www.sifo.de

