### **AQUA URBANICA 2021**

Schwammstadt – Versickerung 2.0?









# Validierung eines Starkregenüberflutungsmodells anhand von Beobachtungsdaten

Jonas Neumann



# **Agenda**

- 1. Kurzvorstellung Projekt SENSARE
- 2. Validierung Starkregenüberflutungsmodell
  - Modellansatz
  - Validierungsdaten
  - Methodik
  - Ergebnisse
- 3. Ausblick

### Kurzvorstellung des Projekts SENSARE (1)



#### SENSARE -



Sensorbasierte Stadtgebietsanalyse für Starkregengefährdungen zur Warnung und Resilienzverbesserung der Verkehrsinfrastruktur

• **Förderung**: BMVI – mFUND (Modernitätsfonds)

Laufzeit: 10/2018 – 12/2021

Standort: Berlin

#### Verbundpartner



















#### Gefördert durch:



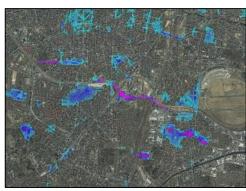
### **Kurzvorstellung des Projekts SENSARE (2)**

Auswahl von 2

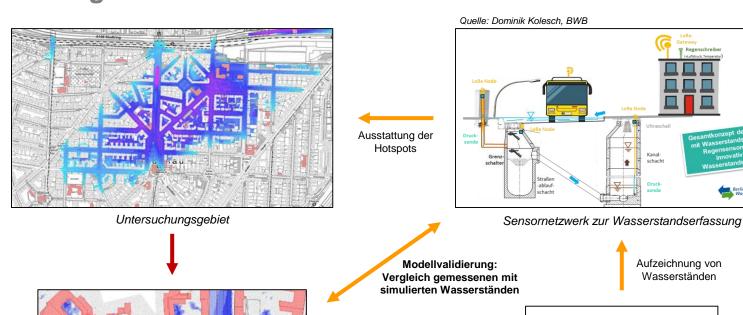
Starkregen-Hotspots



Ziel: Verbesserte Handlungsfähigkeit aller Verkehrsteilnehmer bei Überflutungsereignissen infolge von Starkregen im urbanen Raum



Voruntersuchung: Identifizierung von überflutungsgefährdeten Senkenlagen in Berlin



Aufbau eines Oberflächenabflusssimulationsmodells. zur Simulation von Wasserständen / Gefahrenkarten



Modellinput

Aufzeichnung von

Wasserständen

Ereignisfall Starkregen: Validierungsereignis

### Kurzvorstellung des Projekts SENSARE (3)



Ziel: Verbesserte Handlungsfähigkeit aller Verkehrsteilnehmer bei Überflutungsereignissen infolge von Starkregen im urbanen Raum

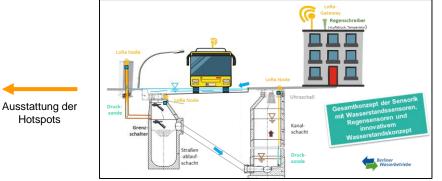


Voruntersuchung: Identifizierung von überflutungsgefährdeten Senkenlagen in Berlin





Untersuchungsgebiet

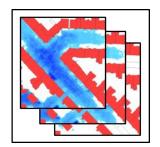


Quelle: Dominik Kolesch. BWB

Hotspots

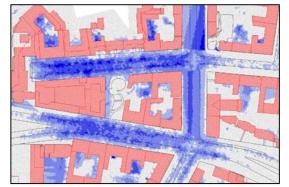
Modellinput

Sensornetzwerk zur Wasserstandserfassung



Szenarienkatalog mit Starkregengefahrenkarten infolge verschiedener Starkregenlastfällen





Validiertes Oberflächenabflusssimulationsmodells. zur Simulation von Gefahrenkarten

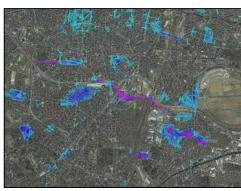


Kostra-Daten: Starkregenlastfälle

### **Kurzvorstellung des Projekts SENSARE (4)**



Ziel: Verbesserte Handlungsfähigkeit aller Verkehrsteilnehmer bei Überflutungsereignissen infolge von Starkregen im urbanen Raum

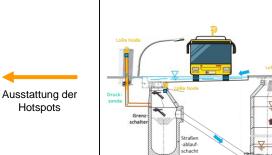


Voruntersuchung: Identifizierung von überflutungsgefährdeten Senkenlagen in Berlin





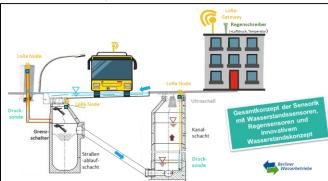
Untersuchungsgebiet



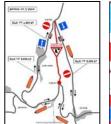
Hotspots

Auswahl

Quelle: Dominik Kolesch. BWB



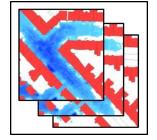
Sensornetzwerk zur Wasserstandserfassung



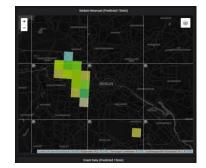
Quelle: www.za.ch

Anzeige der Überflutungskarte auf web-basierter Plattform, Warnung BOS, Verkehrslenkung





Szenarienkatalog mit Starkregengefahrenkarten verschiedener Starkregenlastfällen

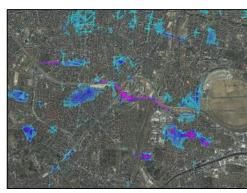


Ereignisfall Starkregen: Nowcasting Radardaten

### Kurzvorstellung des Projekts SENSARE (5)



Ziel: Verbesserte Handlungsfähigkeit aller Verkehrsteilnehmer bei Überflutungsereignissen infolge von Starkregen im urbanen Raum



Voruntersuchung: Identifizierung von überflutungsgefährdeten Senkenlagen in Berlin

1: Auswahl der Hotspots



Hotspots

Ausstattung der



Sensornetzwerk zur Wasserstandserfassung

Untersuchungsgebiet

4: Validierung

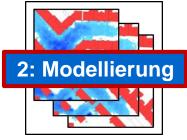
Auswahl



Anzeige der Überflutungskarte auf web-basierter Plattform, Warnung BOS, Verkehrslenkung



Überflutungskarte



Szenarienkatalog mit Starkregengefahrenkarten verschiedener Starkregenlastfällen



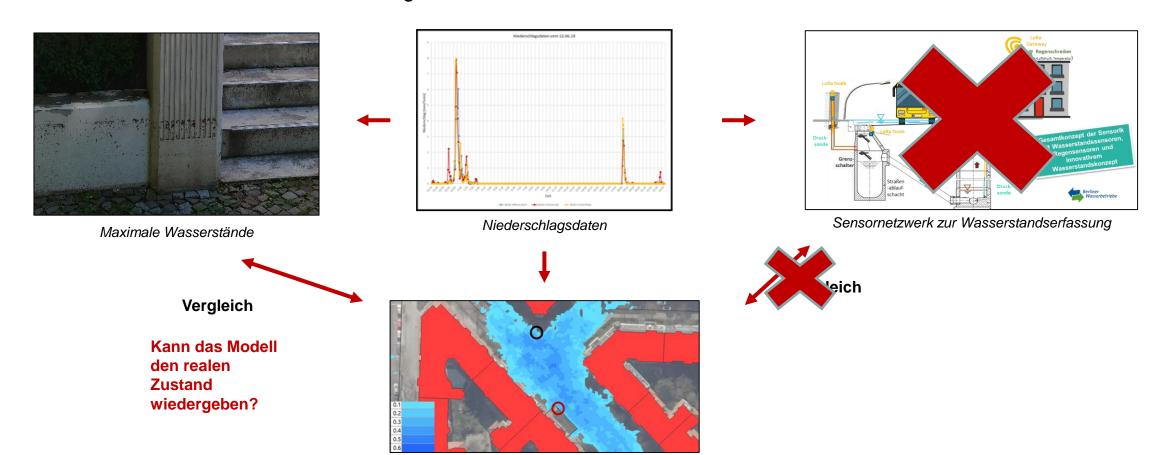
Ereignisfall Starkregen: Nowcasting Radardaten

### Validierung des Starkregenüberflutungsmodells



#### Überblick – Datengrundlage und Validierungsprozess

- Bilddaten mit maximalen Wasserständen von Starkregenereignis am 11. & 12.06.2019
- Noch keine sensorbasierten Validierungsdaten vorhanden



Simulationsergebnisse – maximale Wasserstände

### **Modellansatz (1)**



#### 1D/2D-Oberflächenabflussmodell

Für zwei Überflutungs-Hotspots wurde ein detailliertes bi-direktional gekoppeltes 1D/2D-Oberflächenabflussmodell aufgebaut

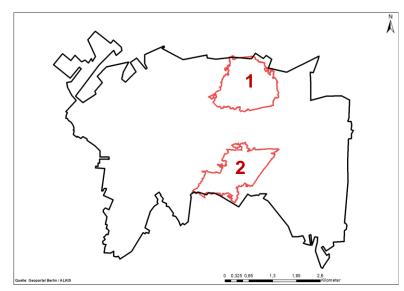
- Die Oberflächeneinzugsgebiete (1,9 km² und 1,7 km²) der Überflutungs-Hotspots wurden 2D modelliert
- Das Kanalnetzeinzugsgebiet (~ 30 km²) wurde
   1D modelliert
- Beide Hotspots befinden sich im selben Kanalnetz

   → gemeinsames Modell
- InfoWorks ICM (Version 11.0), Innovyze®
- Getrennte Erfassung und Modellierung von

Gebäudeflächen (Dächer)

Straßenflächen

Hofflächen



Oberflächeneinzugsgebiete der Starkregenüberflutungs-Hotspots 1 und 2 (rot umrandet), Kanaleinzugsgebiet (schwarz umrandet)

### **Modellansatz (2)**

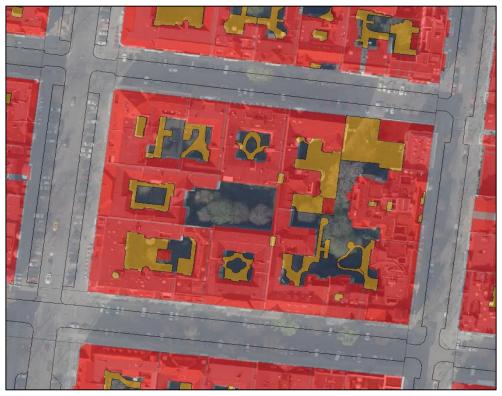


#### Abbildung der befestigten Flächen

Straßenflächen

Gebäudeflächen (Dächer)

Hofflächen

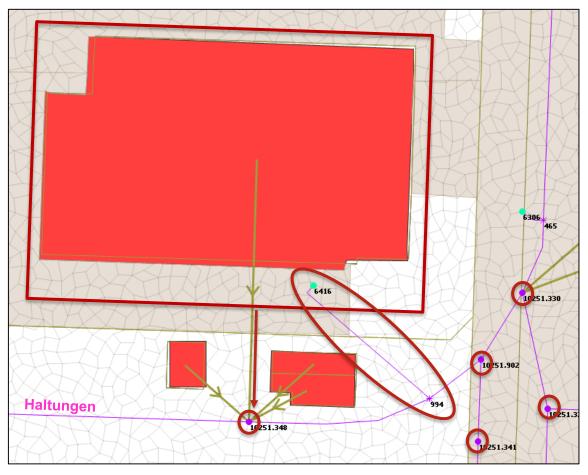


Darstellung der Gebäudeflächen (rot), der Hofflächen (orange), der Straßenflächen (hellgrau) und der Bruchkanten (schwarz); als Hintergrundlayer ist das zugehörige Orthophoto dargestellt

### Modellansatz (3)

#### TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

#### Kopplung zwischen Kanal und Oberfläche



Ausschnitt aus gekoppelten Simulationsmodell

- Abfluss von Dachflächen direkt an Schacht angeschlossen → 1D
- Straßenabläufe (türkis) über Anschlussleitung an Haltungen angeschlossen
- Kopplungspunkte:
  - Straßenabläufe
  - Schächte

### Validierungsdaten (1)



#### Beobachtungsdaten vom Starkregenereignis am 11. & 12.06.2019



Maximaler Wasserstand während Starkregenereignis vom 11. und 12.06.2019; ableitbar aus Blütenrückständen auf der Oberfläche (jeweils durch Pfeil markiert) (Fotos: Gunther Pahl, Berliner Wasserbetriebe)



Zugesetzter Straßenablauf (Quelle: BWB)

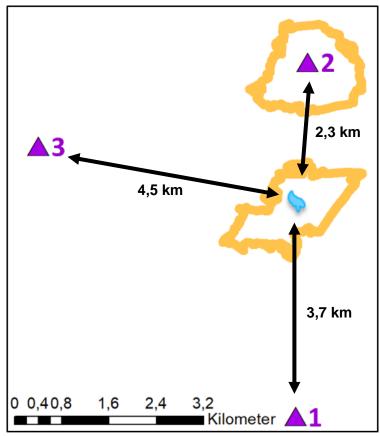


Einmessung der maximalen Wasserstände (Quelle: BWB)

### Validierungsdaten (2)



Niederschlagsdaten vom Starkregenereignis am 11. & 12.06.2019

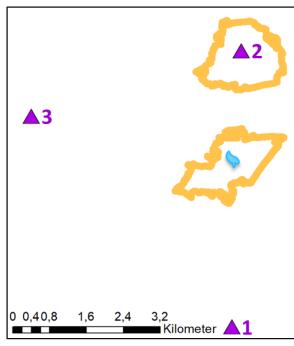


Standorte der Regenschreiber 1 bis 3 (violette Dreiecke), Überflutungsbereich (blau), sowie die Abgrenzung der 1D/2D modellierten Überflutungs-Hotspots.

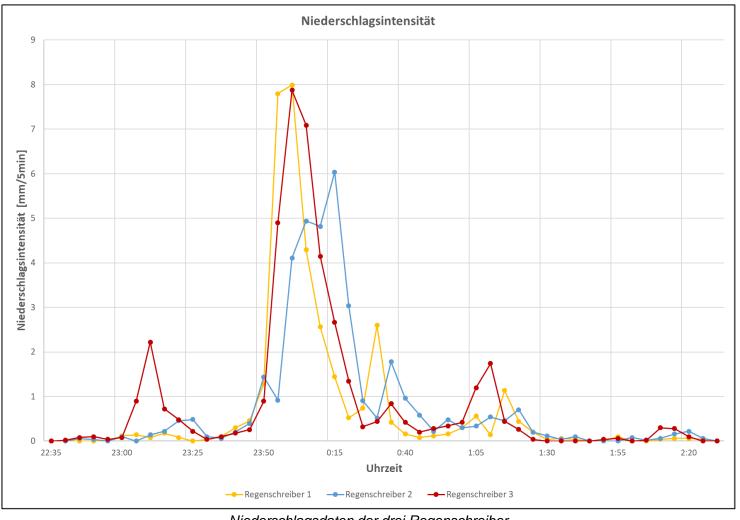
- Niederschlagsbelastung während des Starkregenereignisses bekannt:
  - angeeichte Radarniederschlagsdaten (5-Minuten)
  - Niederschlagszeitreihen von drei Regenschreibern vorhanden (5-Minuten)
- Entfernung der Regenschreiber zum Überflutungsbereich:
  - 1: ~ 3,7 km
  - 2: ~ 2,3 km
  - 3: ~ 4,5 km

### Methodik (1)





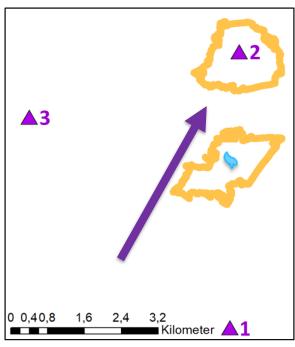
Standorte der Regenschreiber 1 bis 3 (violette Dreiecke), Überflutungsbereich (blau), sowie die Abgrenzung der 1D/2D modellierten Überflutungs-Hotspots.



Niederschlagsdaten der drei Regenschreiber

### Methodik (2)

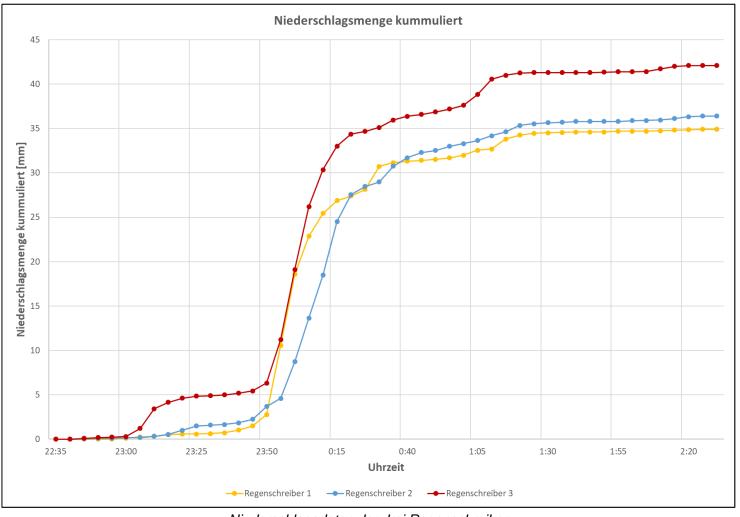




Standorte der Regenschreiber 1 bis 3 (violette Dreiecke), Überflutungsbereich (blau), sowie die Abgrenzung der 1D/2D modellierten Überflutungs-Hotspots.



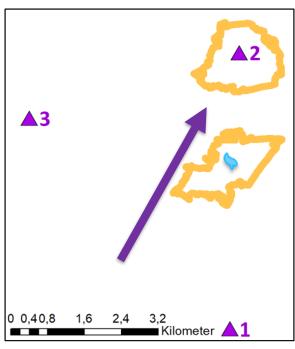
Zugrichtung des Regenereignisses



Niederschlagsdaten der drei Regenschreiber

### Methodik (3)

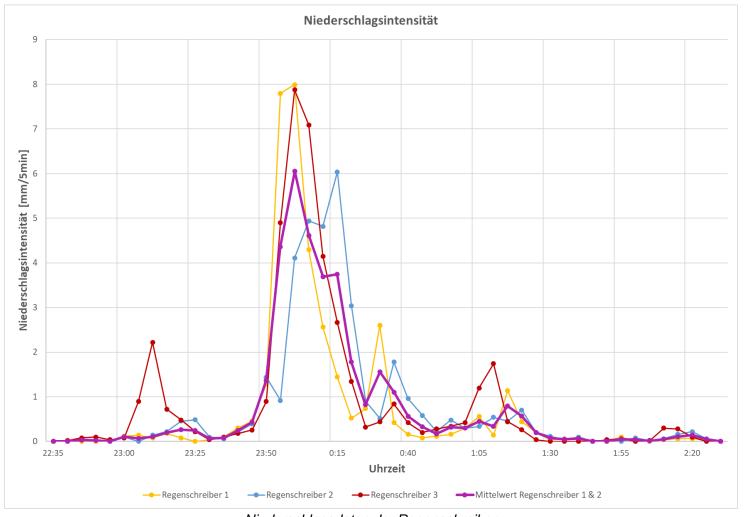




Standorte der Regenschreiber 1 bis 3 (violette Dreiecke), Überflutungsbereich (blau), sowie die Abgrenzung der 1D/2D modellierten Überflutungs-Hotspots.



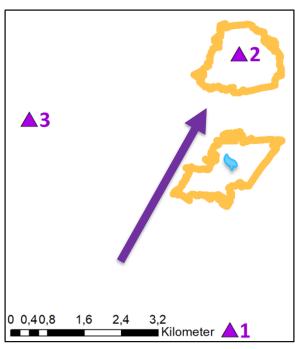
Zugrichtung des Regenereignisses



Niederschlagsdaten der Regenschreiber

### Methodik (4)

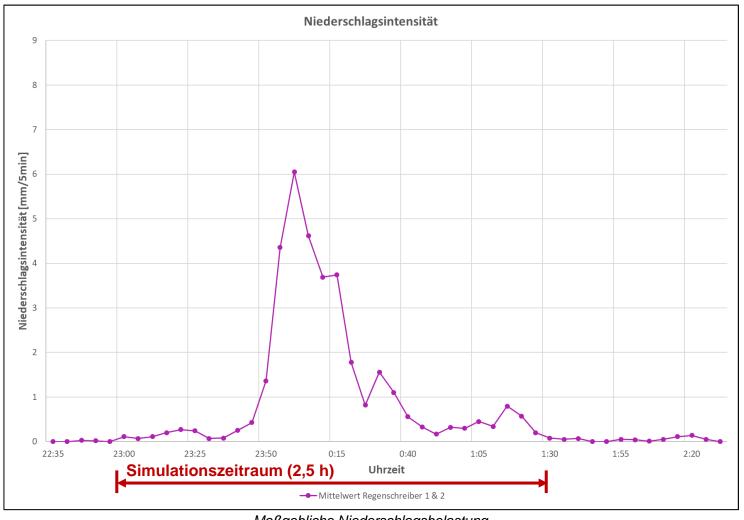




Standorte der Regenschreiber 1 bis 3 (violette Dreiecke), Überflutungsbereich (blau), sowie die Abgrenzung der 1D/2D modellierten Überflutungs-Hotspots.



Zugrichtung des Regenereignisses

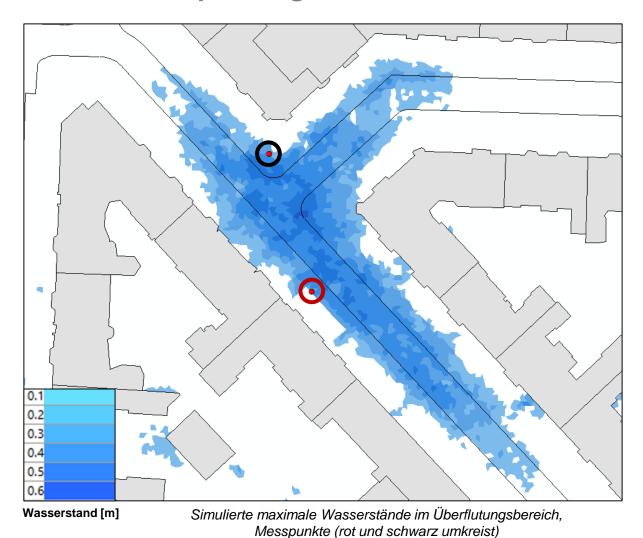


Maßgebliche Niederschlagsbelastung

# Ergebnis (1)

### TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

#### Simulationsinput: Regenschreiberdaten





Maximale Wasserstände im Überflutungsbereich

#### Gegenüberstellung gemessene und simulierte Wasserstände

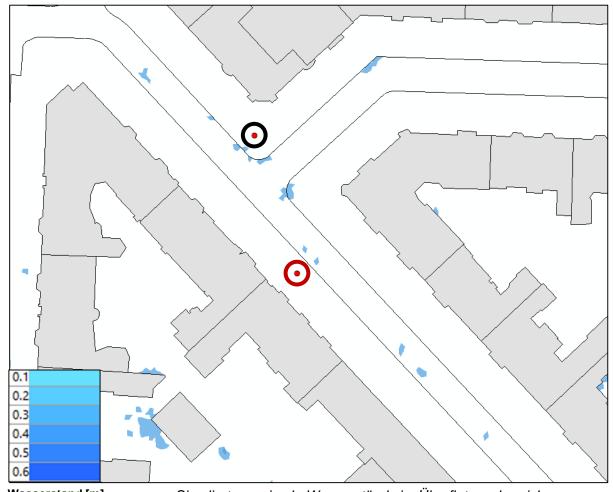
Wasserstand	gemessen	simuliert	Abweichung
rote Markierung	0,36 m	0,29 m	21,1 %
schwarze Markierung	0,31 m	0,27 m	11,7 %

 Das Modell kann den realen Zustand zufriedenstellend wiedergeben

# Ergebnis (2)

### TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN

#### Simulationsinput: Radarniederschlagsdaten



Wasserstand [m]

Simulierte maximale Wasserstände im Überflutungsbereich, Messpunkte (rot und schwarz umkreist)



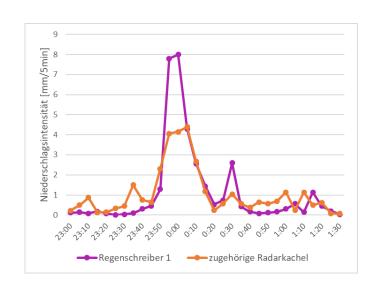
Maximale Wasserstände im Überflutungsbereich

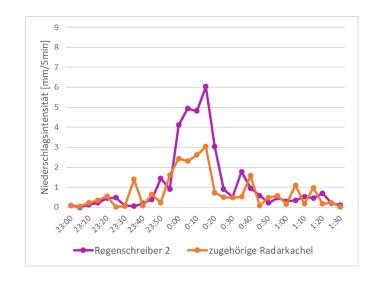
 Bei der Simulation mit Radardaten wird keine nennenswerte Überflutung simuliert

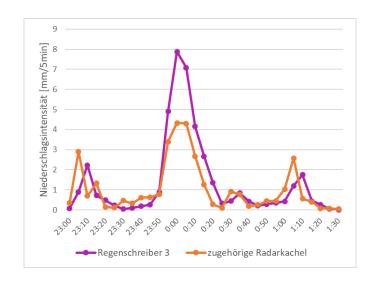
# Ergebnis (3)



#### Vergleich der Radardaten mit den Regenschreiberdaten







- In den Radardaten werden die Intensitätsspitzen des Regenereignisses nicht erfasst
- Niederschlagsspitze in den Radardaten beträgt nur etwa 50 % der Intensität der Regenschreiber

### **Fazit**



#### Validierung Starkregenüberflutungsmodell

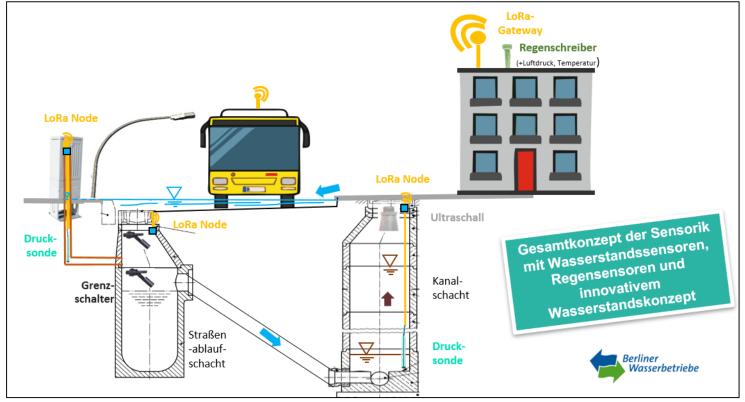
- Regenschreiberdaten als Simulationsinput: Zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen simulierten und gemessenen Wasserständen
- Leichte Unterschätzung maximaler Wasserstände, Abweichungen im cm Bereich
- Radarniederschlagsdaten als Simulationsinput: Keine nennenswerte Überflutungen, da Intensitätsspitzen des Regenereignisses nicht erfasst werden
- Für den besonderen Fall dieses Regenereignisses sind die Radardaten zur Modellvalidierung ungeeignet

### Ausblick (1)



#### Modellvalidierung mit Sensordaten

- Erfassung von Überflutungsereignisse mit dem Sensornetzwerk
- Ziel: Vergleich sensorbasierter Messreihen mit Simulationsergebnissen für die Validierung



Sensornetzwerk zur Wasserstandserfassung (Quelle: Dominik Kolesch)

### Ausblick (2)

#### Sensorik zur Wasserstanderfassung



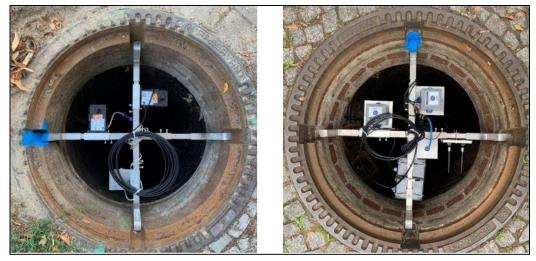
Installation der Wasserstandssensoren im Kanalschacht. Links: Kontaktloser Sensor (hier: Radar) auf justierbarer Edelstahlplatte; Rechts: Druck-Sensor mit Vierkant-Schutzrohr aus Edelstahl (Quelle: Dominik Kolesch, BWB)

#### Nähere Informationen:

https://sensare.infralab.berlin/



Messtelle zur Erfassung des Wasserstands auf der Straßenoberfläche im Bau (links, mitte) und im Endzustand (Quelle: Dominik Kolesch, BWB)



Sensorinstallationen in den Kanalschächten. Links: Haltkreuz mit Ultraschall-Sensor und LoRaWAN-Sendeeinheiten; Rechts: Haltekreuz mit Radar-Sensor und Sendeeinheiten (Quelle: Dominik Kolesch, BWB)

# Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

#### **Kontakt:**

- Jonas Neumann<sup>1)</sup>: jonas.neumann@bauing.uni-kl.de
- Christian Scheid<sup>1)</sup>: <a href="mailto:christian.scheid@bauing.uni-kl.de">christian.scheid@bauing.uni-kl.de</a>
- Ulrich Dittmer<sup>1)</sup>: <u>ulrich.dittmer@bauing.uni-kl.de</u>
  - ¹)Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern
- Dominik Kolesch<sup>2</sup>: <u>dominik.kolesch@bwb.de</u>
  - <sup>2)</sup>Berliner Wasserbetriebe AöR, Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin

### Ergebnis (4)



#### Simulationsinput: Regenschreiberdaten

Vergleich der Abweichungen zwischen gemessenen und simulierten maximal Wasserständen bei unterschiedlichen Kombinationen der Regenschreiberndaten, MW = Mittelwert

		Abweichung					
Wasser stand	gemessen	MW R1 & 2	R1	R2	R3	MW R1,2,3	
rote Markierung	0,36 m	21,1 %	24,4 %	17,5 %	-5,0 %	11,1 %	
schwarze Markierung	0,31 m	11,7 %	15,6 %	7,5 %	-18,9 %	0 %	