



Starkregengefahren im urbanen Raum mit intelligenter Sensorik und Datenanalyse begegnen

Dominik Kolesch¹, Daniel Sauter¹, Dr. Christian Scheid², Jonas Neumann², Teresa Engel³

AK UIS, Session F: Risiko- und Katastrophen-Management 07.05.2021

¹Forschung und Entwicklung, Berliner Wasserbetriebe

²FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern

³Institut für Mobilität & Verkehr, TU Kaiserslautern

Verbundpartner



Gefördert durch:



Agenda

1. Starkregen und Berlin
2. Projektidee SENSARE
3. Identifikation Starkregen-Hotspots
4. 1D/2D-gekoppelte Oberflächenabflusssimulation
5. Überflutungsvorhersage und Verkehrsszenarien
6. Sensor- und Funknetzwerk
 - Übersicht - Planung und Aufbau Funknetzwerk - Standortentscheidung Sensorik - Aufbau und Einbau
7. Kombiniertes Nowcasting
8. Online-Plattform

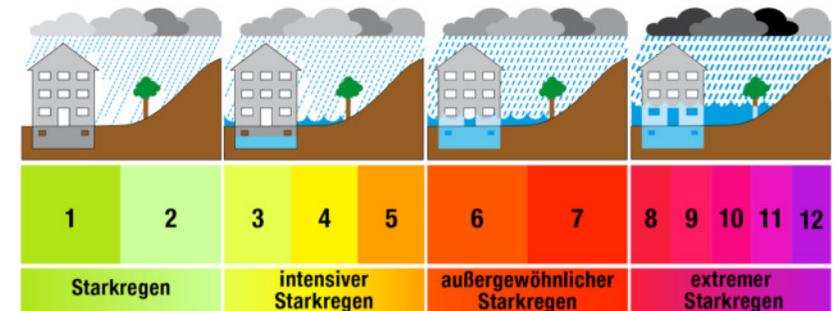
Starkregen und Berlin

Charakteristika und Risiko



Was ist Starkregen?

- Regenereignisse, die bei Menge pro Zeiteinheit (bis 6 Stunden) überdurchschnittliche Werte erreichen



Starkregenindex nach SCHMITT, (Darstellung nach [1])

Warum ist das Thema in Berlin relevant?

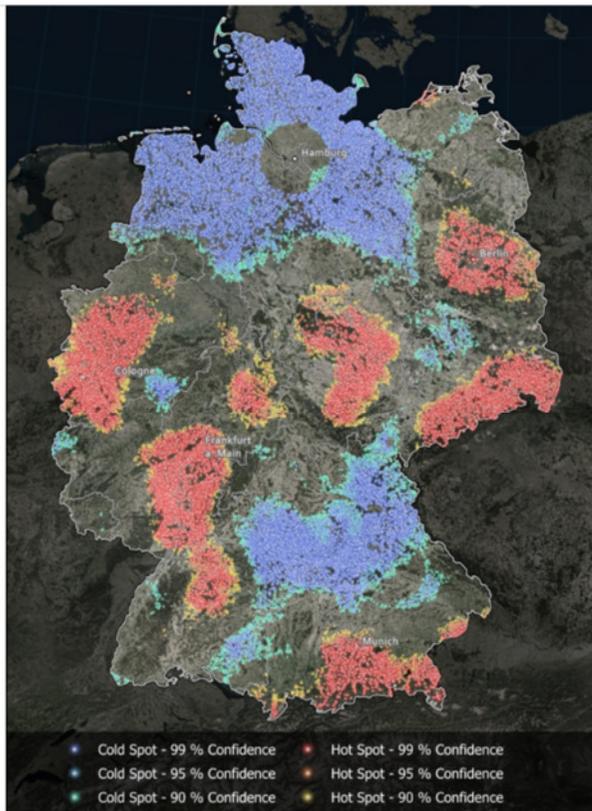
- Kurzfristig und schwer vorhersehbar
- Versiegelungsgrad und Schadenspotential steigt in dicht besiedelten Gebieten
- Entwässerung ist und kann nicht auf Extremereignisse ausgelegt werden



Foto: T. Grit/ BWB

Starkregen und Berlin

Charakteristika und Risiko



Warum ist das Thema in Berlin relevant?

- Studien signalisieren Zunahme der Intensität von kurzfristigen, extremeren Starkregen [Quellen 2-6]
- Berlin einer der Hot-Spots für starkregen-bedingte Überflutungen in Deutschland
- Ereignisse am häufigsten in Sommermonaten (Juli und August)

Statistisch signifikante „Hot spots“ und „Cold spots“ durch Starkregen induzierte Überflutungen in Deutschland (Quelle [3])

Projektidee SENSARE

Projektsteckbrief

- **Titel:** Sensorbasierte Stadtgebietsanalyse für Starkregen zur Warnung und Resilienzverbesserung der Verkehrsinfrastruktur
- **Förderung:** BMVI - mFUND (Modernitätsfond)
- **Status:** Meilenstein 3.5/6  Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- **Laufzeit:** 10/2018 - 12/2021
- **Standort:** Berlin



SENSARE Verbundpartner

Infrastrukturpartner in Berlin



Partner aus der Forschung



Partner aus der Wirtschaft



*assoziiert

Projektidee SENSARE

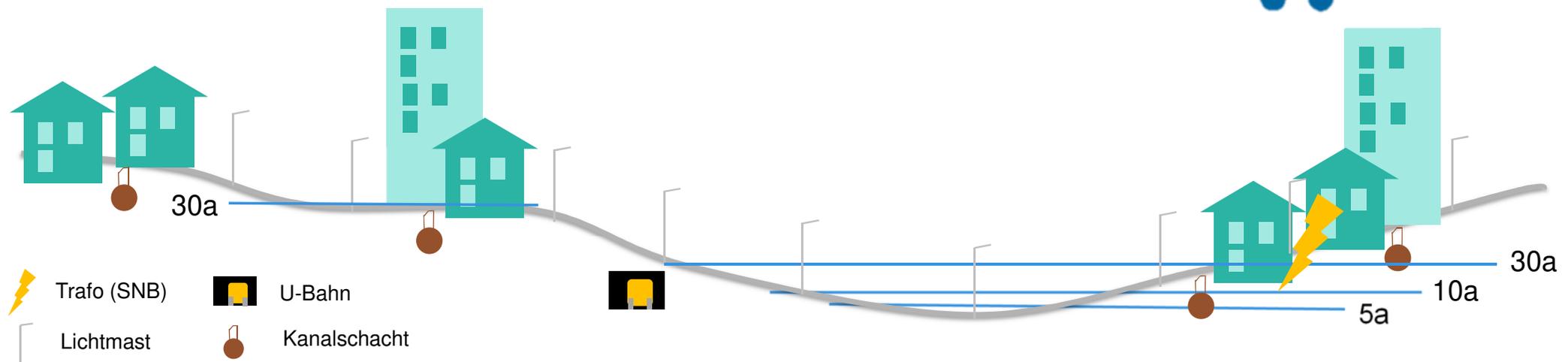
Projektziele

- Verortung der Gefahrenpotentiale für lokale Überflutungen
- Einflussnahme Verkehrslenkung / Gefahrenabwehrdienste
- Vorsorge Stadtplanungsprozesse



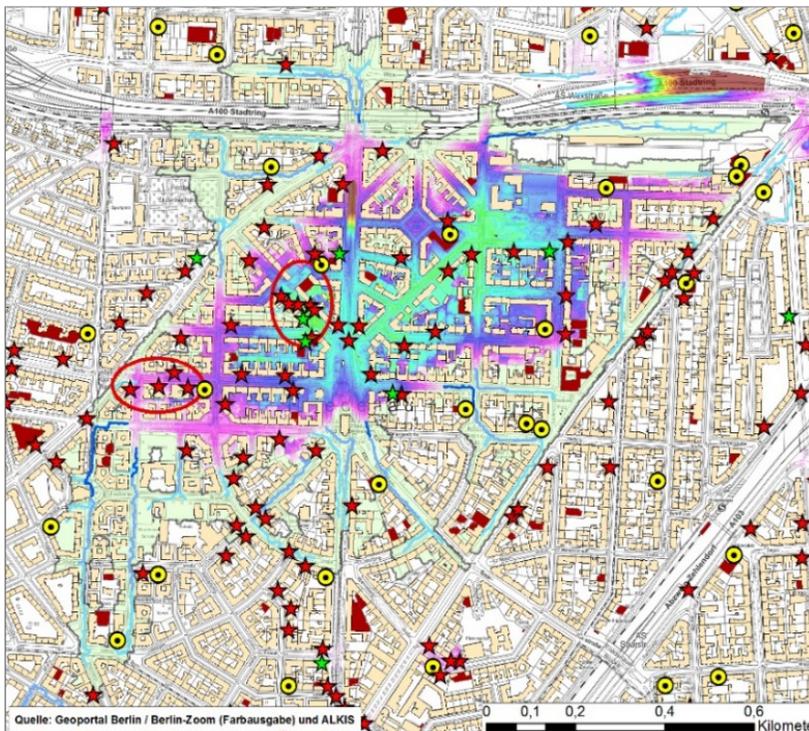
5a: geringe Intensität

30a: hohe Intensität



Identifikation Starkregen-Hotspots

Topographische Senkenanalyse



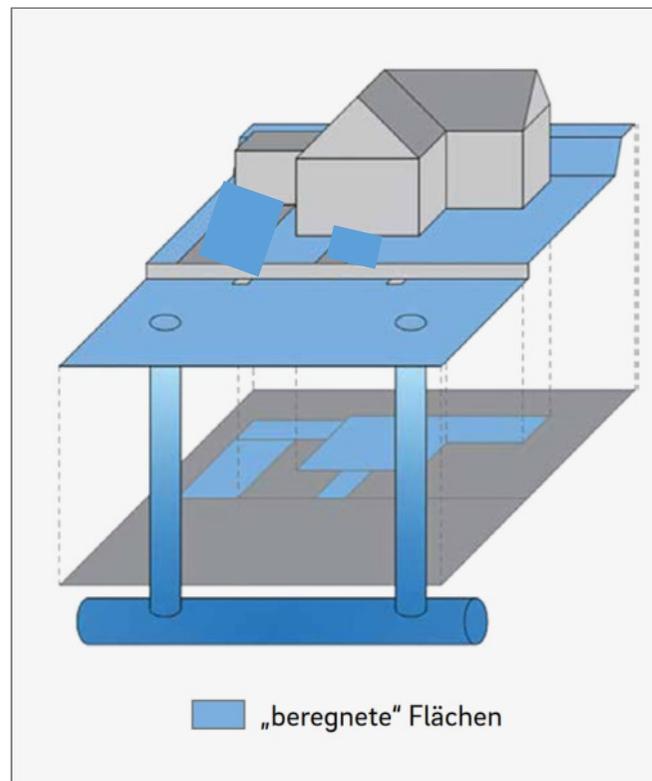
Ergebnis der Senkenanalyse mit Anzeige von Feuerwehreinsätzen und Störungsmeldungen

Suche nach potentiellen Überflutung-Hotspots

- Topographische Kriterien
 - Vergangene Feuerwehreinsätze
 - BWB Beschwerdeportal
 - Überstauschwerpunkte
 - Gebäude kritischer Infrastruktur
 - Relevanz für öffentlichen Nahverkehr
- Berlinweite Auswahl relevanter Überflutungsschwerpunkte mit unterschiedlichen Kriterien möglich

Oberflächenabfluss-Simulation

1D-2D-Simulation - Detaillierungsgrad und Eingangsdaten



Evaluation der potentiellen Überflutung-Hotspots

- 1D-2D gekoppeltes Modell zur Simulation von Abflussverhalten im urbanen Raum
- Kanalnetz als Feinnetz über Straßenabläufe und Schächte mit Oberfläche gekoppelt
- Flächendifferenzierter Ansatz bei Abflussbildung realitätsnah

Gekoppelte Betrachtung des Kanalnetzes mit direkt angeschlossenen Flächen (1D) und Abflussverhalten an der Oberfläche (2D) und deren Austausch an den Kopplungspunkten (Quelle [7])

Projektidee SENSARE

Online-Plattform für Starkregenrisikomanagement



Schematische Darstellung der funktionalen Schnittstellen zu verschiedenen Infrastruktur-Akteuren in der Stadt

Praktische Anwendung der SENSARE-Plattform

- Gefahrenkarten für ortsspezifische Vorsorge im Bereich der Stadtplanung
- Frühwarnsystem mit Überflutungs- und Verkehrsszenarien bei Starkregen
- Echtzeit-Sensordaten zur verbesserten Einschätzung der tatsächlichen Überflutungssituation

Bilder (Uhrzeigersinn ab 12 Uhr): Stefanie Herbst/BZ, Patzelt/Feuerwehr-Magazin, cc, Stephanie Pillick/dpa, Ralph Peters/ imago, Olaf Selchow/BVG

Oberflächenabfluss-Simulation

Konzept der Überflutungsvorhersage

Szenarienatalog

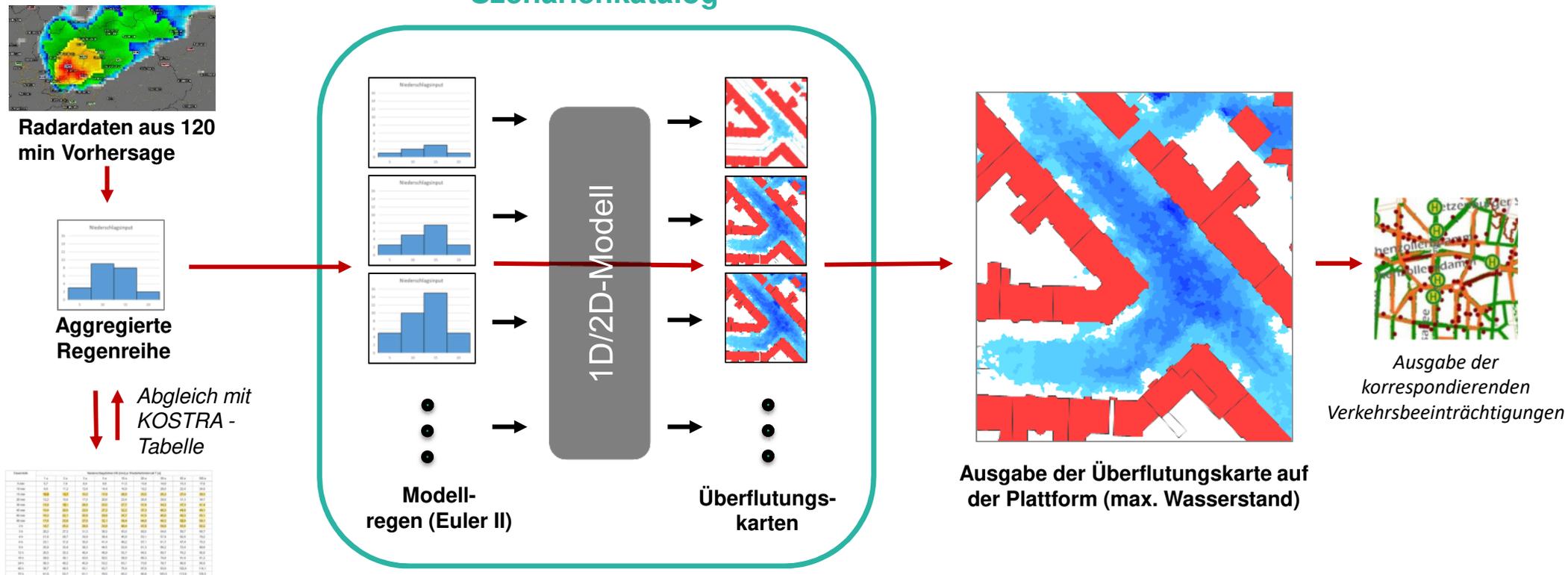
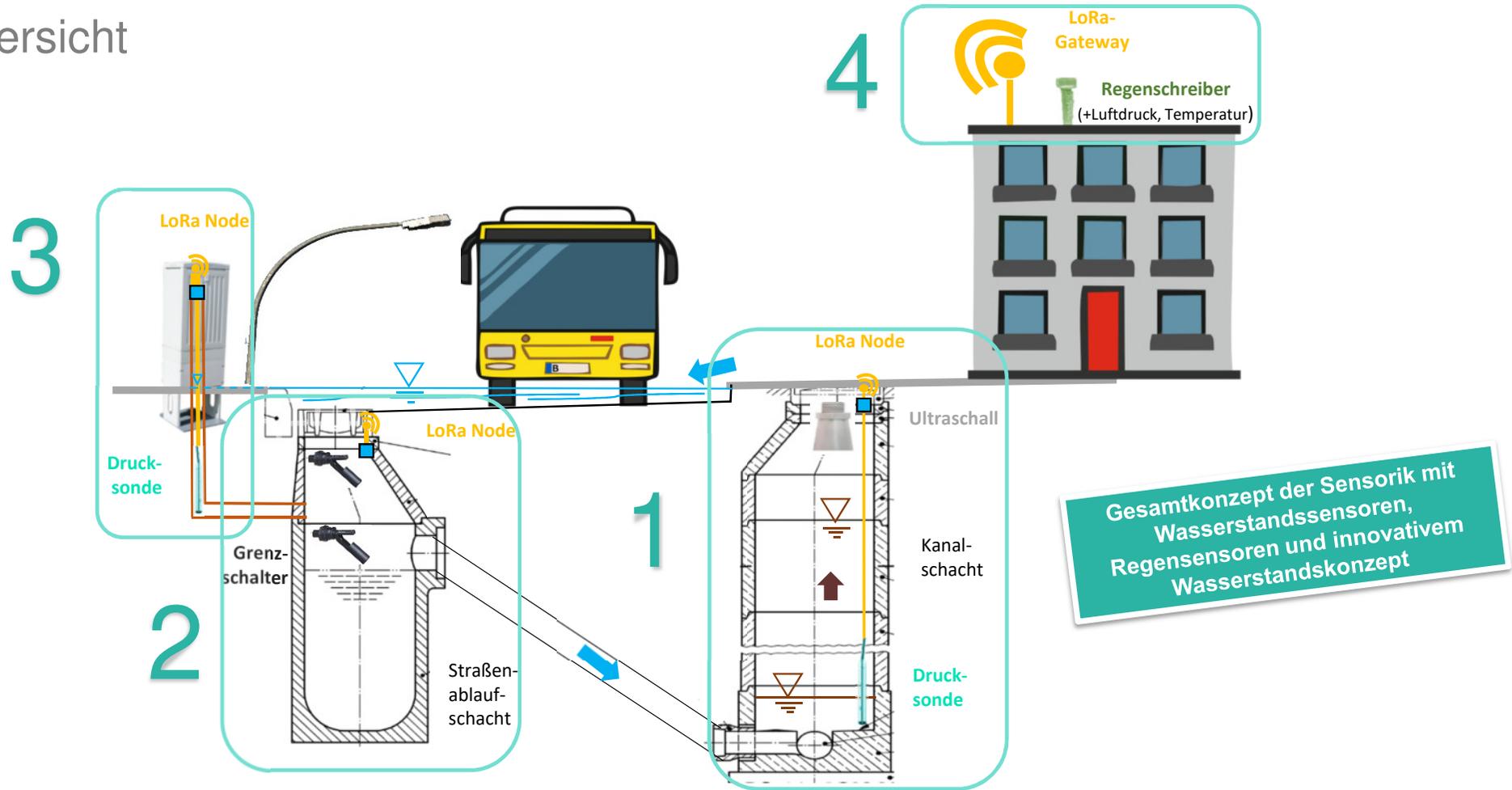


Bild Radardaten:
<https://rued.com/text/wetterradar-archiv.html>

Sensor- und Funknetzwerk

Übersicht



Sensor- und Funknetzwerk

Standortentscheidung Sensorik



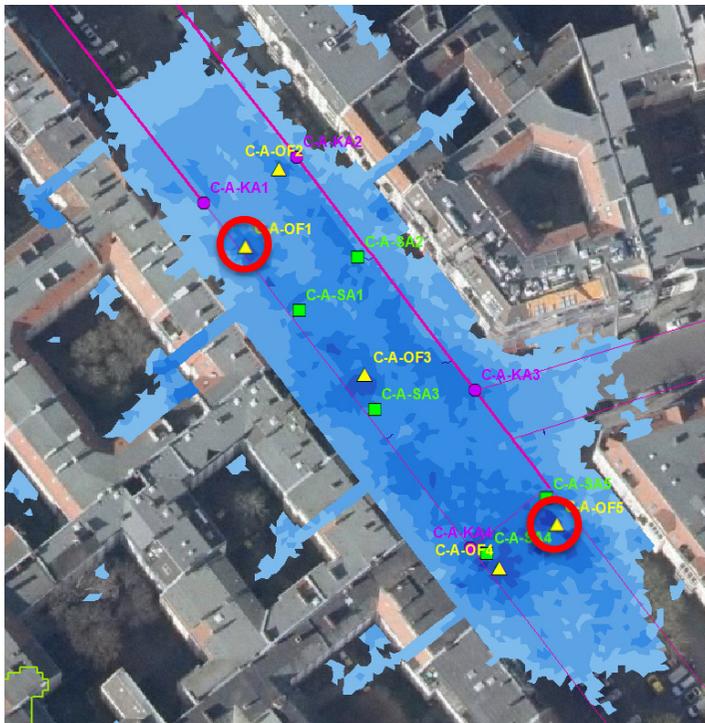
Erste oberflächliche Überflutungen bei Belastung des Modells mit einem künstlichen Regenereignis (rot=relevant; grün=weniger relevant)

Voruntersuchung

1. **Prüfen des Auftretens erster Überflutungen in Senkenschwerpunkten**
2. Vergleich mit Überflutungshöhe maximaler Wasserstand
3. Vor-Ort Prüfung zur Evaluierung der Praktikabilität

Sensor- und Funknetzwerk

Standortentscheidung Sensorik



Maximale Überflutungen bei Belastung des Modells mit einem künstlichen Regenereignis (rot=relevant)

Voruntersuchung

1. Prüfen des Auftretens erster Überflutungen in Senkenschwerpunkten
2. **Vergleich mit Überflutungshöhe maximaler Wasserstand**
3. Vor-Ort Prüfung zur Evaluierung der Praktikabilität

Sensor- und Funknetzwerk

Standortentscheidung Sensorik



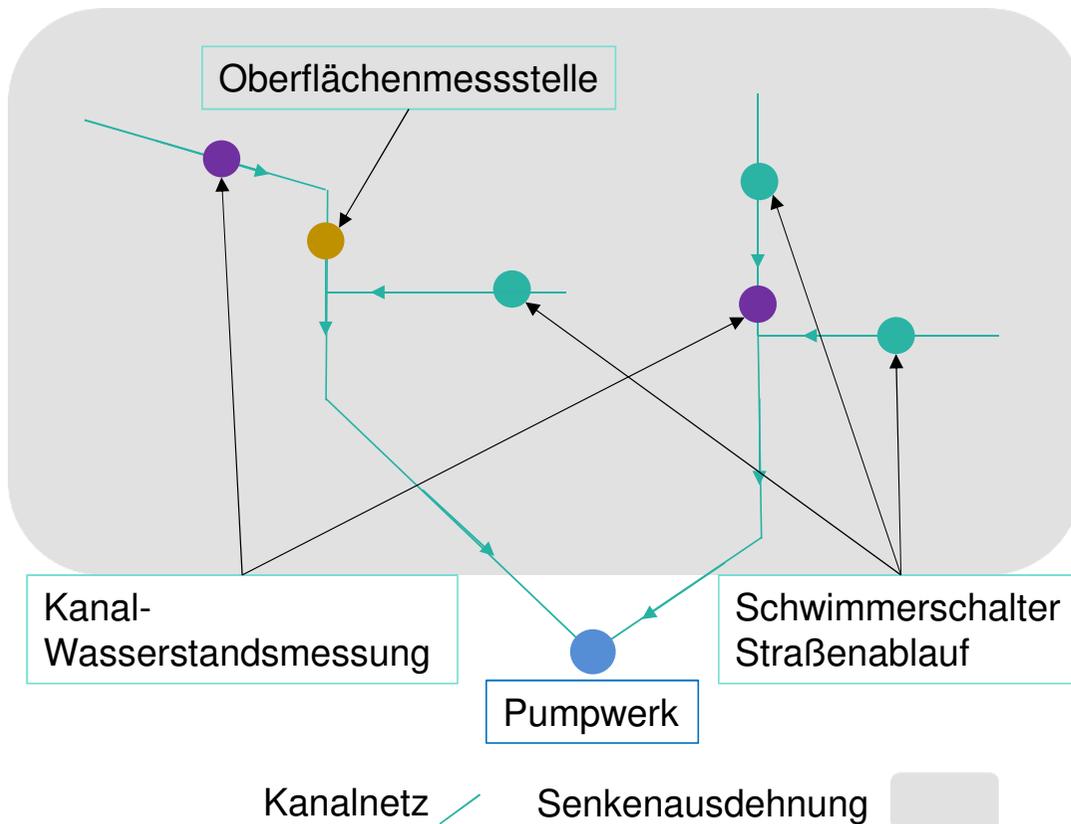
Zugang zu Sensorstandort muss zu jeder Zeit ohne große Vorplanung gegeben sein (Rot markiert: Straßenablauf im Parkverbot)

Voruntersuchung

1. Prüfen des Auftretens erster Überflutungen in Senkenschwerpunkten
2. Vergleich mit Überflutungshöhe maximaler Wasserstand
3. **Vor-Ort Prüfung zur Evaluierung der Praktikabilität**

Sensor- und Funknetzwerk

Standortentscheidung Sensorik



Kriterien zur Platzierung der Sensorik im Kanalnetz

- Aufteilung der Sensoren auf mehrere Kanalstränge
- Größere und tiefere Kanalstränge bevorzugt
- Lokal niedrig liegende Standorte
- Oberflächenwasserstandsmessung am Senken-Hotspot

Sensor- und Funknetzwerk

Aufbau und Einbau



Probeaufbau des Spannrings und Sensorik in einem genormten Straßenablauf-Betonring.



Einbau des Spannrings und der Sensorik in einen Straßenablauf

Fotos: M. Bartel

Sensor- und Funknetzwerk

Aufbau und Einbau

Wasserstand (kontinuierlich)

Schwimmer



Sendeeinheiten und Radar/Ultraschallsonde am Schachtkreuz direkt über Kanalmitte, Drucksonde auf 2/3 Höhe des Kanalquerschnitts verbaut.



Sendeeinheiten und Schwimmerschalter an Spannring befestigt. Unterer Schwimmerschalter misst Einstau direkt über Kanalverbindung, oberer Sensor misst kurz vor Überflutung der Straße.

Fotos: M. Bartel

Sensor- und Funknetzwerk

Aufbau und Einbau



v.l.n.r.: Kalibrieren der Drucksonde mit Wasserstand / Einmessen mittels Referenzhorizonts / Ausrichtung Radarsonde

Fotos: M. Bartel

Sensor- und Funknetzwerk

Aufbau und Einbau

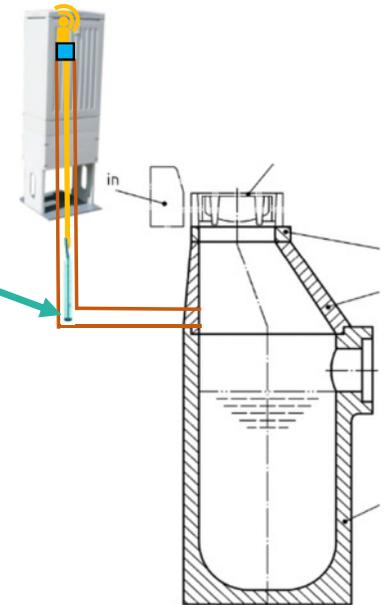
Wasserstand (kontinuierlich)



Anschluss an Straßenablauf → Wasserstand auf Straße „beruhigt“ in Rohr abgebildet



Kabelverzweigerschrank „versteckt“ Messtechnik



Bilder: S. Jentzsch

Sensor- und Funknetzwerk

Datenweiterleitung und Sensorkommunikation



SENSARE Gateway-Antenne zum Empfang von LoRaWAN Daten auf dem Dach der Gebäudes Grashof auf der Beuth Hochschule Berlin.

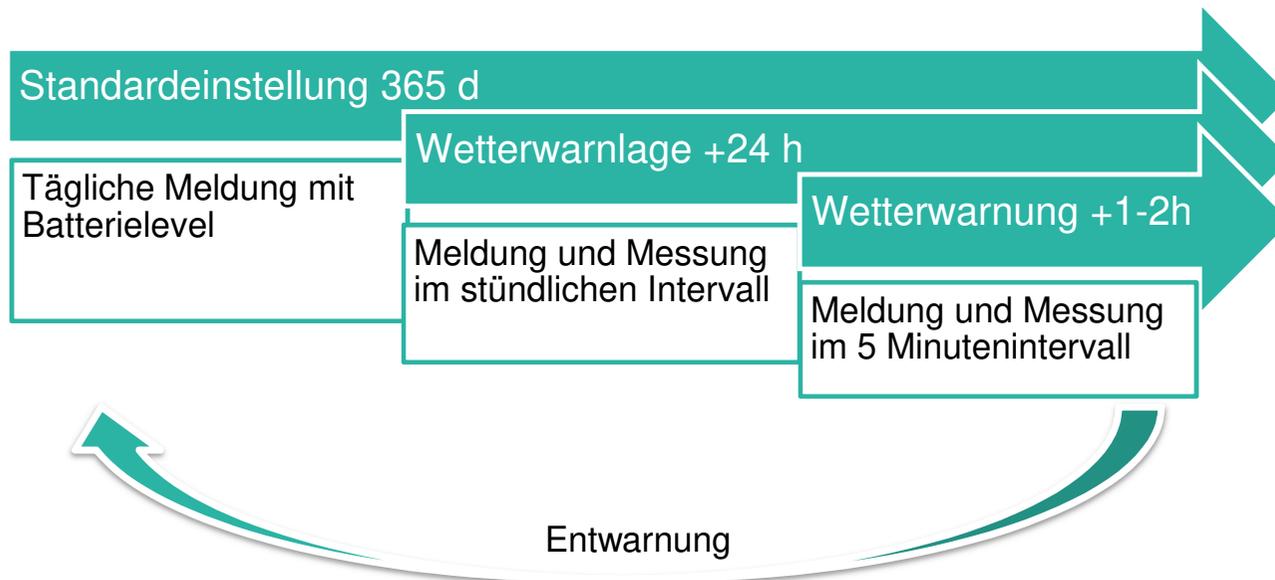
Ereignisbedingte Aktivierung der Sensoren

- **Datenübertragung über eigenes LoRaWAN-Netz und Mobilfunk**
- Energiearme kontinuierliche Überwachung
- Software-basierter Mechanismus zur Aktivierung aller Sensoren bei Starkregenwarnung

Foto: P. Remmele

Sensor- und Funknetzwerk

Datenweiterleitung und Sensorkommunikation



Ereignisbedingte Aktivierung der Sensoren

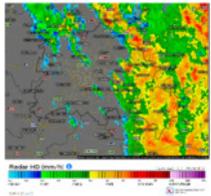
- Datenübertragung über eigenes LoRaWAN-Netz und Mobilfunk
- **Energiearme kontinuierliche Überwachung**
- **Software-basierter Mechanismus zur Aktivierung aller Sensoren bei Starkregenwarnung**

Kombiniertes Nowcasting

Zusammenfassung

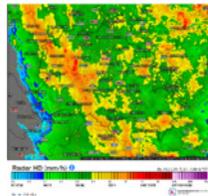


Einlesen



Radardaten
[+120:105] min

+15
●●●



Radardaten
[+15:0] min

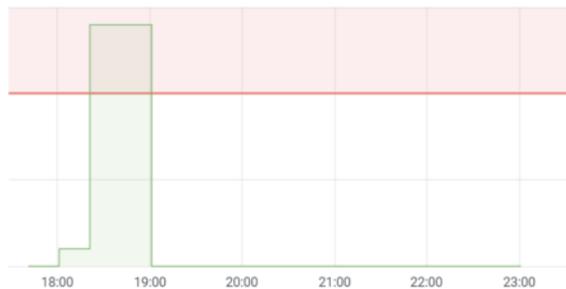


Sensordaten Aktuell
([-5:+0] min)

*Kontinuierliche Eingabe von
Wettergeschehen und
Sensoraktivität*

Prüfen

Dauerstufe	Niederschlagshöhen H [mm] je Wiederkehrintervall T [a]									
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a	
5 min	5,7	7,4	8,4	9,6	11,3	13,0	14,0	15,3	17,0	
10 min	8,8	11,2	12,6	14,4	16,8	19,2	20,6	22,4	24,8	
15 min	10,8	13,7	15,5	17,6	20,6	23,5	25,2	27,4	30,3	
20 min	12,2	15,6	17,5	20,0	23,4	26,8	28,9	31,3	34,7	
30 min	13,9	18,1	20,5	23,5	27,7	31,8	34,2	37,3	41,4	
45 min	15,4	20,5	23,5	27,2	32,2	37,3	40,3	44,0	48,1	
60 min	16,3	22,1	25,8	29,9	35,7	41,5	45,9	49,3	55,1	
90 min	17,6	23,9	27,5	32,1	38,4	44,8	48,3	52,9	59,1	
2 h	18,7	25,2	29,0	33,9	40,4	47,0	50,8	55,6	62,2	
3 h	20,2	27,2	31,3	36,5	43,5	50,5	54,6	59,7	66,7	
4 h	21,4	28,7	33,0	38,4	45,8	53,1	57,4	62,8	70,2	
6 h	23,1	31,0	35,6	41,4	49,2	57,1	61,7	67,4	75,3	
9 h	25,0	33,4	38,3	44,5	52,9	61,3	66,2	72,4	80,8	
12 h	26,5	35,3	40,4	46,9	55,7	64,5	69,7	76,2	85,0	
18 h	28,6	38,1	43,6	50,5	59,9	69,3	74,8	81,8	91,2	
24 h	30,3	40,2	45,9	53,2	63,1	73,0	78,7	86,0	95,9	
48 h	36,7	48,3	55,1	63,7	75,4	87,9	93,8	102,4	114,1	
72 h	41,0	53,7	61,1	70,5	83,2	95,9	103,3	112,6	125,3	



*Permanente Überwachung der
Radarregenvorhersage und der
Sensorwerte*

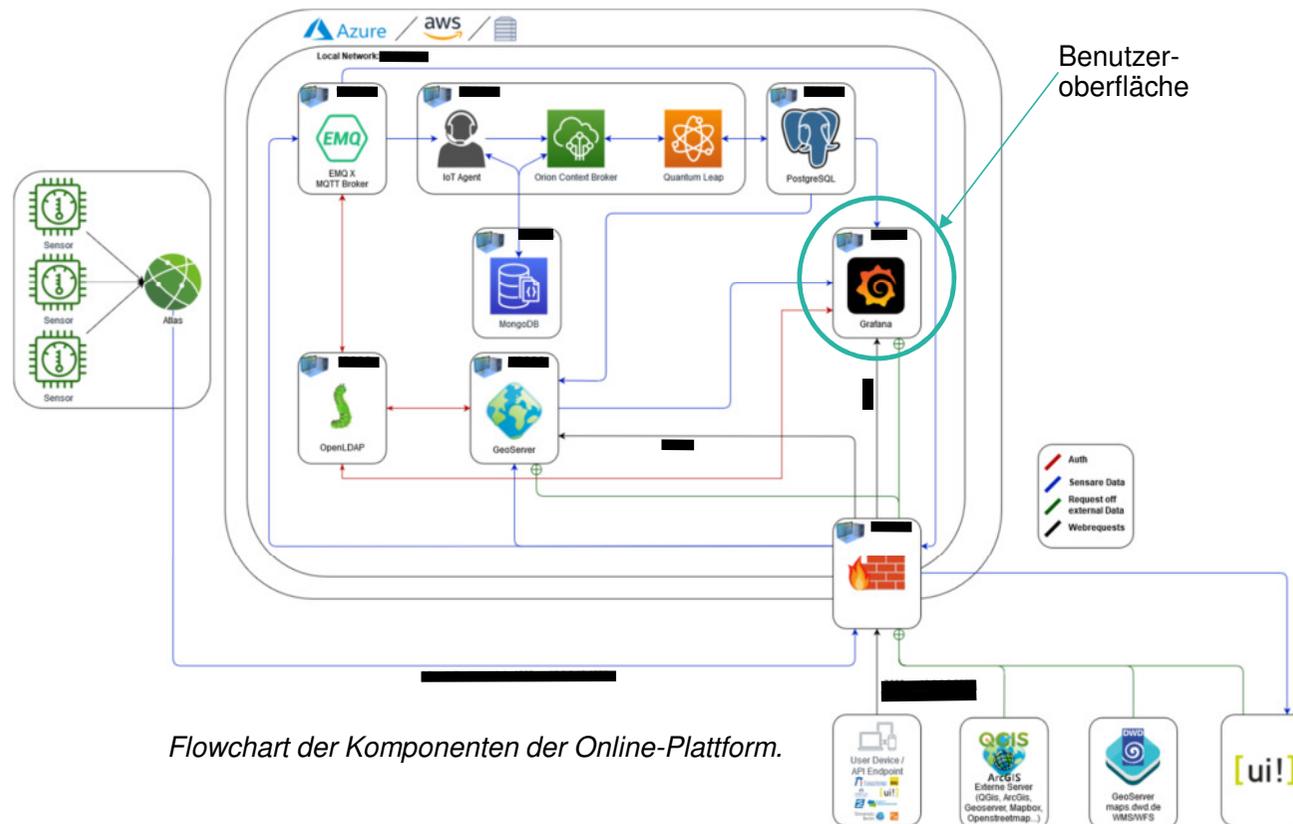
Ausgabe



*Ausgabe der entsprechenden
Überflutungskarte (und
Verkehrskarte)*

SENSARE Online-Plattform

Zusammenfassung



Rahmenanforderungen

- Open Source Komponenten
- Skalierbar / Übertragbar
- Modulares System
- Keine proprietäre Software
- Übertragbarkeit auf AWS, on premise, etc.
- Schnittstelle zur Weitergabe von Warnungen

Inhaltliche Anforderungen

- Kartenform
- Anzeige Sensordaten
- Individuelle Oberfläche



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dominik Kolesch

Berliner Wasserbetriebe, Forschung und Entwicklung

dominik.kolesch@bwb.de



<https://sensare.infralab.berlin>

Quellen und Literatur



Folie 3: Starkregenindex: Schmitt, Theo G.; Krüger, Marc; Pfister, Angela; Becker, Michael; Mudersbach, Christoph; Fuchs, Lothar et al. (2018): Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 65 (2), S. 113–120.

Folie 4:

[2] Bronstert A. et al (2017): Hochwasser und Sturzfluten an Flüssen in Deutschland.

In: Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (eds) Klimawandel in Deutschland. Springer Spektrum, Berlin.

[3] Kaiser, M. et al (2021): Spatiotemporal analysis of heavy rain-induced flood occurrences in Germany using a novel event database approach. Journal of Hydrology 595(2), DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.125985

[4] MUELLER, EN., PFISTER, A. (2011) Increasing occurrence of high-intensity rainstorm events relevant for the generation of soil erosion in a temperate lowland region in Central Europe, Journal of Hydrology 411: 266-278

[5] Becker, Andreas; Hafer, Mario; Junghänel, Thomas; Müller, Heinz-Jörn; Sterker, Cathleen; Wala-wender, Ewelina et al. (2016): Bewertung des Starkregenrisikos in Deutschland auf der Basis von Radardaten. DWD. Offenbach am Main.

Folie 9:

[6] HSB (2017): Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modellen. Praxisleitfaden, erstellt im Rahmen des DBU-Forschungsprojekts "KLASII". Lehrgebiet Siedlungswasserwirtschaft, Hochschule Bremen, Oktober 2017