



Nachhaltiges Wassermanagement



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Lunchtalk 8.10.2024:

„Sturzflutvorhersage und –management“

Inno\_MAUS

Sturzflutvorhersage im urbanen Raum:  
Wie nützlich sind Echtzeitvorhersagen und  
Szenariensimulationen?

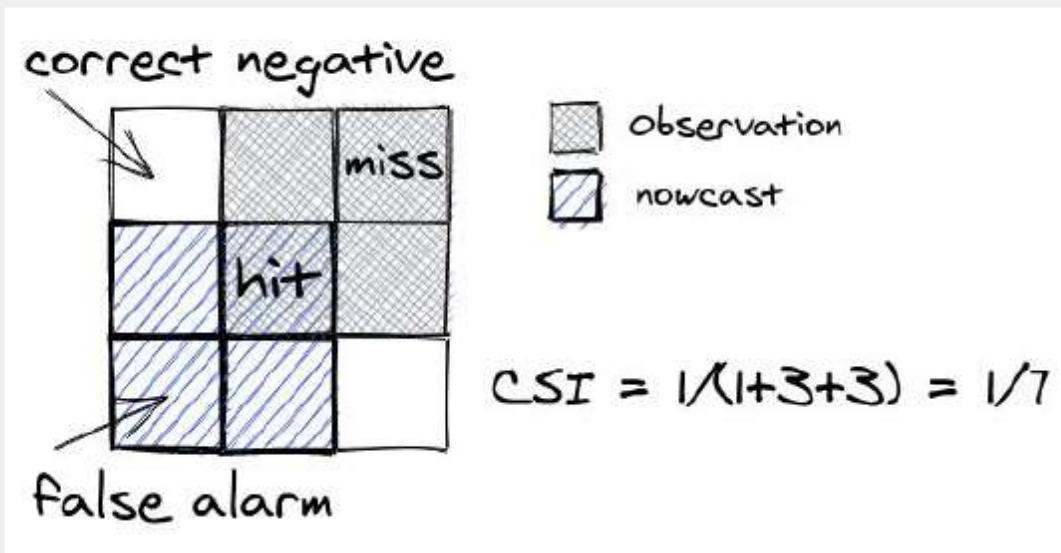


Berliner  
Wasserbetriebe



# I Nowcasting (“Echtzeitvorhersage”) konvektiver Starkregenereignisse

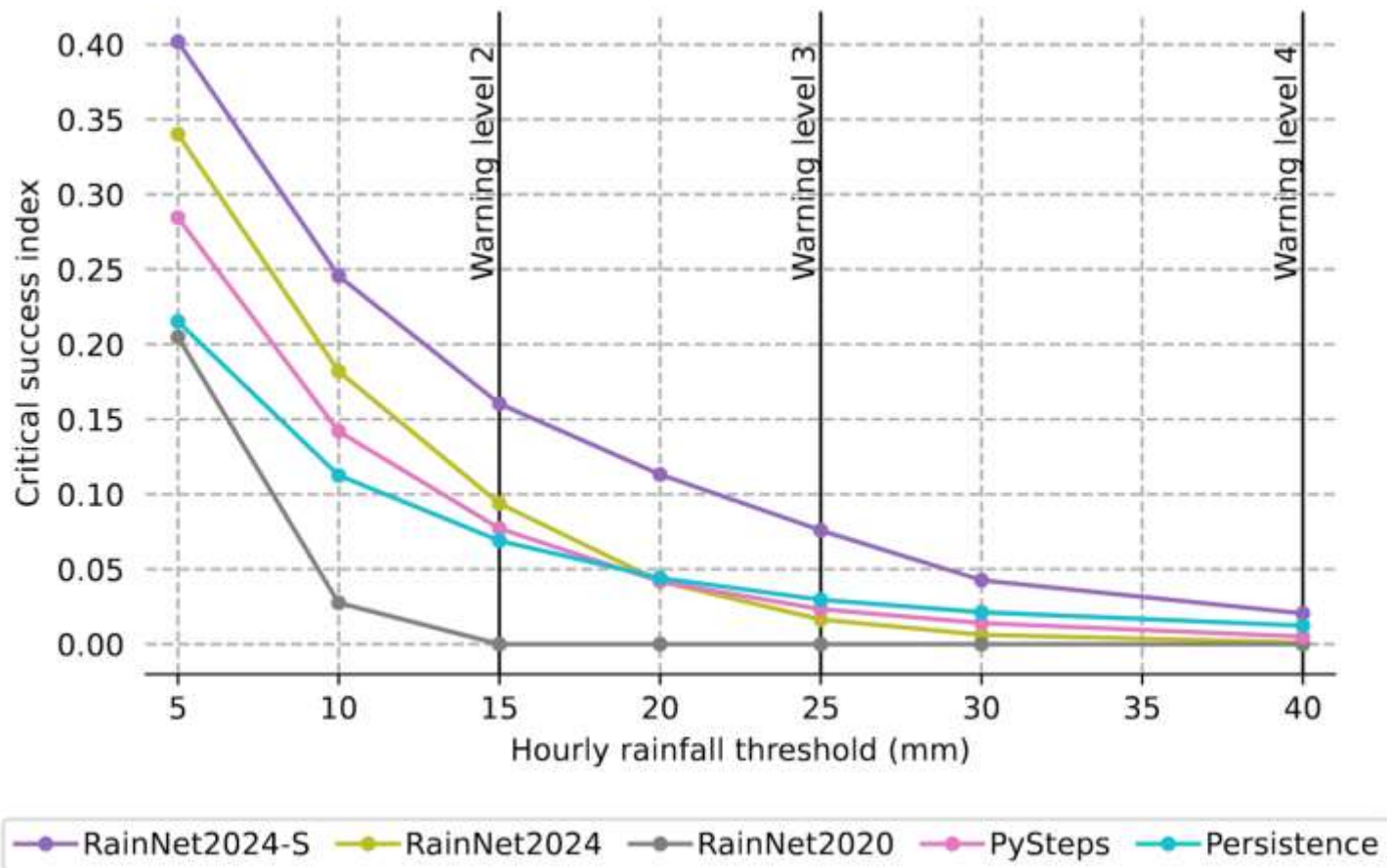
$$CSI = \text{hits} / (\text{hits} + \text{misses} + \text{false alarms})$$



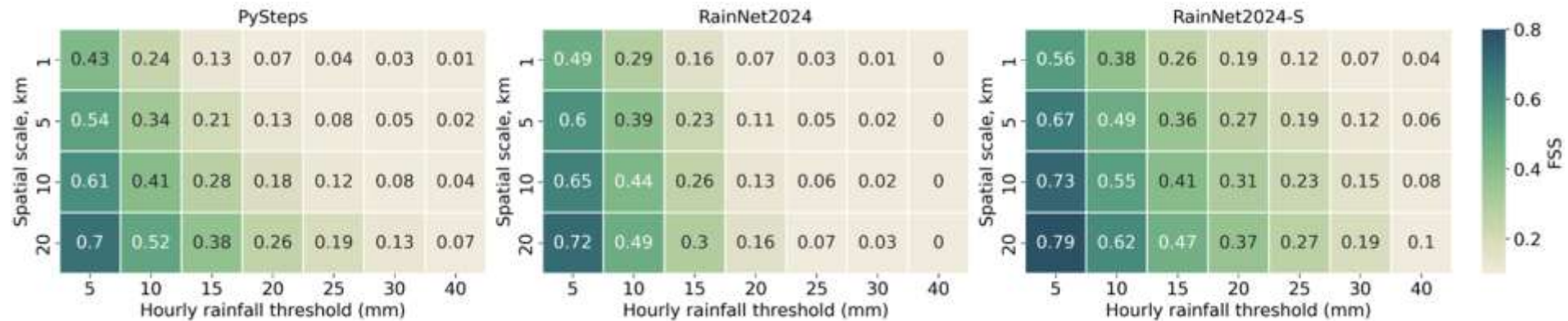
1	Stupid, but skillful	“Alles bleibt, wie es ist.”	Persistence
2	State of the art	Tracking und extrapolierung	PySTEPS
3	Deep learning	Regression zur Vorhersage von 5-min Nd, rekursiv angewandt	RainNet2020
4		Gleiche Idee, aber verbessert	RainNet2024
5		Segmentierung zur Vorhersage der Überschreitung der Gesamt-Nd Schwellenwerte (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 mm/h)	RainNet2020-S

- Die “RainNet”-Familie wurde (auch) im Rahmen des Immo-Maus-Projektes erschaffen und weiter verbessert

# Critical success index für verschiedene Schwellenwerte



- Was, wenn ein bestimmter räumlicher Fehler von den Nutzern akzeptiert wird?



- **RainNet2024-S übertrifft die anderen Verfahren für alle Schwellenwerte und Auflösungen!**

- **Auch KI kann das Problem der begrenzten Vorhersagbarkeit konvektiver Ereignisse nicht lösen**

Dadurch wird die Unsicherheit noch wichtiger (BCE-Metrik: “binary cross entropy”: eine loss function); und: wo liegen die Grenzen?

- **Gibt es einen inhärenten trade-off zwischen der Vorhersage extremer und “normaler” Nd?**

Zhang et al. (2023): NowcastNet liefert gute Vorhersagen für leichten bis starken Nd, besonders für von advektiven o. konvektiven Prozessen begleitete extreme Nd, die sonst unvorhersagbar scheinen

- **Sind NWP (numerical weather prediction model)-Felder besser?**

Leinonen et al. (2023) und Kim et al. (2024) zufolge “Ja”... aber die Verbesserung ist gering

- **Wir haben noch nicht getestet, die räuml. Auflösung an die Nutzeranforderungen anzupassen...**

Die FSS-Ergebnisse sehen vielversprechend aus

## II Prognosen und (vergleichende) Simulationen von Szenarienbedingungen

## Ila Hydrologische Modellierung:

### Berlin: Urbanhydrologisches Modell: SWMM

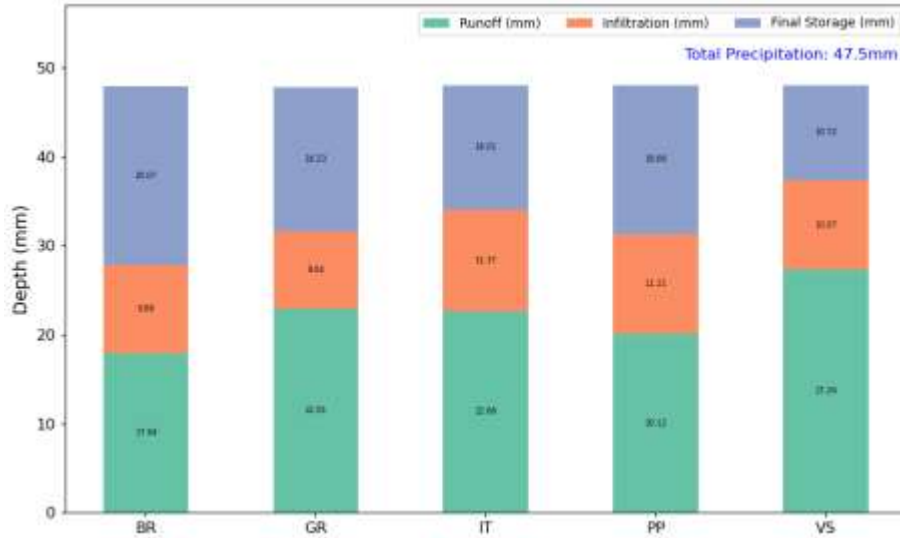
- Erweitert um bestimmte GI-Funktionen
- Angewendet für Teilbezirke von Berlin

### Würzburg: “normales” hydrol. Modell: HEC-HMS

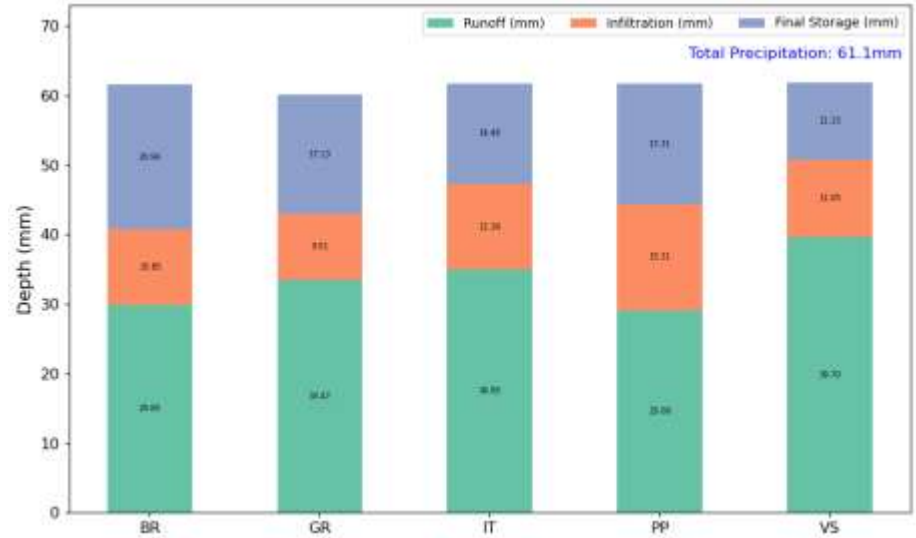
- Entscheidend ist die Abfluss-Bildung außerhalb der Stadt
- Wirkung von Rückhaltemaßnahmen?



○ 30-jähriger Nd +25%, 47.5 mm



○ 100-jähriger Nd +25%, 61.1 mm



- Gullys halb blockiert,
- mittlere Ausdehnung einzelner GI-Typen,
- 60 min Niederschlagsereignis: Normalverteilung

## IIb Hydraulische Modellierung:

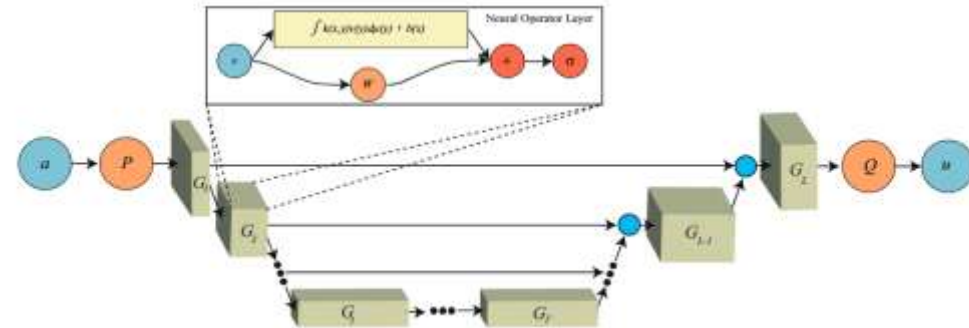
- (Urban)-Hydraulisches Modell: Telemac-2D
- Gute Ergebnisse für Szenariensimulationen
- KI-Verfahren können Simulationen stark beschleunigen (Faktor 10 bis 100) aber
  - “Training” ist essentiell (“Truth must be known”)
  - Übertragbarkeit in Zeit und Raum ist entscheidend



- Oberflächenabfluss in Telemac

## UrbanFloodCast V2

- Deep Neural Operator
- Hydraulic-informed Loss Function



# IIc Prognose von Gebäudeschäden durch Starkregenereignisse

## Building Damage

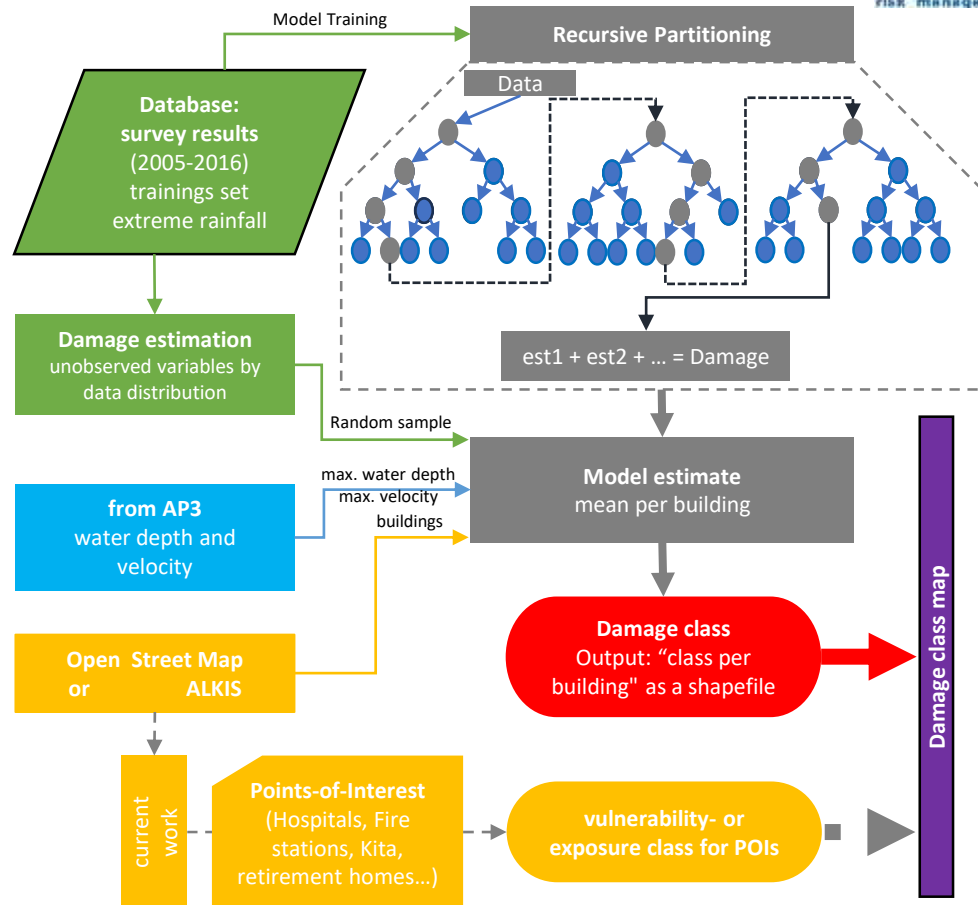


Ziel: Modellierung von Starkregen-spezifischen Schäden an Gebäuden.  
Entwicklung des Flood Damage Estimation Tools (FloodEst)

Grundlage: Umfragedaten

Methode: machine learning Algorithmus

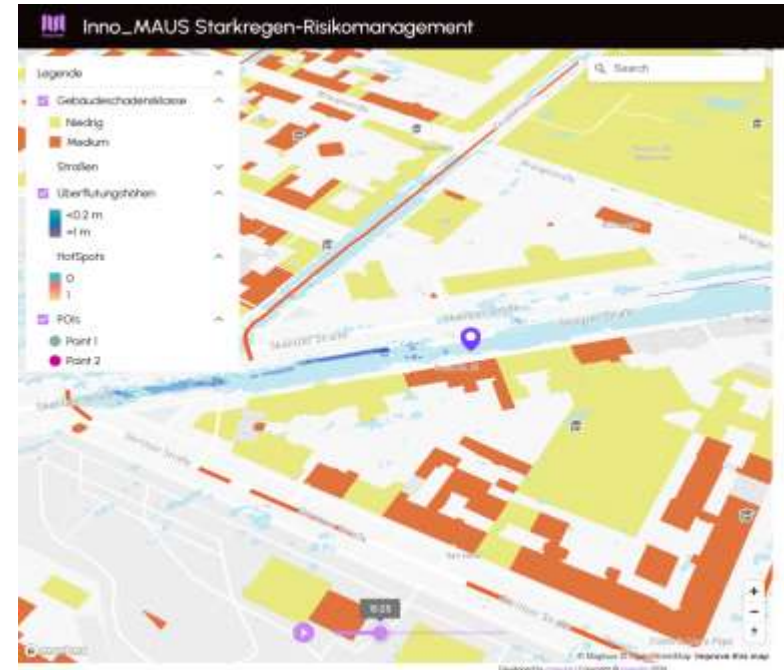
- Recursive partitioning
- Erfassung nicht-linearer Beziehungen zwischen Variablen
- Adressierung der Gefahr und potenziell betroffener Objekte



- Ergebnis: Shapefile Schadensklassen der Gebäude
- Integration in Visualisierungstool (Mapular)
- Schwellenwerte nach Grad der Gebäudeschädigung
  - 0 to 5%      niedrig
  - >5 to 10%    mittel
  - >10 to 15%   hoch
  - >15 to 100%   sehr hoch
- Szenarien für Pilotregion Berlin1:  
150 mm als Blockregen, Euler II-, Euler III-Verteilung

	Blockregen	Euler II	Euler III
Niedrig	1992	2051	2008
Mittel	282	291	332
Hoch	21	25	23
Sehr hoch	3	3	3

Prototyp



# Inno\_M AUS

## Wichtige Schlussfolgerungen:

- 1. Die Starkregen- Echtzeitvorhersage wurde wesentlich verbessert...  
aber: wofür sind diese Vorhersagen einsetzbar ?**
- 2. Gekoppelte urban-hydrologische-hydraulische Simulationen ermöglichen „genaue“ Identifikation der Gefährdungspotentiale urbaner Hydrosysteme**
- 3. KI-Verfahren in der Hydraulik ermöglichen gekoppelte Echtzeitvorhersagen**
- 4. Szenariensimulationen ermöglichen, u.a.:**
  - **Beurteilungen von Rückhaltewirkungen**
  - **Schadensprognosen**
  - **Wirkungsabschätzungen von Vorbeugemaßnahmen**
- 5. Kopplung / Integration der Daten und Modellergebnisse ist nicht trivial...**

**Kontakt: [axel.bronstert@uni-potsdam.de](mailto:axel.bronstert@uni-potsdam.de)**



## Inno\_M AUS

### Artikel in Fachzeitschriften

- Tobias Sieg and Annegret H Thieken 2022: **Improving flood impact estimations**, Environ. Res. Lett. 17 064007 (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac6d6c>)
- Seleem, O., Ayzel, G., Bronstert, A., and Heistermann, M.: **Transferability of data-driven models to predict urban pluvial flood water depth in Berlin, Germany**, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 809–822, [doi.org/10.5194/nhess-23-809-2023](https://doi.org/10.5194/nhess-23-809-2023), 2023.
- Ayzel, G. and Heistermann, M.: **Brief Communication: Training of AI-based nowcasting models for rainfall early warning should take into account user requirements**, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1945>, 2024.

### Konferenzbeiträge

- Frederik De Vos, Dominik Kolesch, Nils Rüter: **Unsicherheiten und Probleme bei numerischen Hochwassersimulationen im urbanen Raum**, Juni 2023, 21. Wasserbau-Symposium der Wasserbauinstitute TU München, TU Graz und ETH Zürich, Wallgau, Germany
- Frederik De Vos, Nils Rüter: **Improving boundary conditions in urban numerical flood modelling**, August 2023, 40th IAHR World Congress, Vienna, Austria
- Frederik De Vos, Markus Reisenbüchler, Anna Kruspe: **Innovative tools for urban flood management: A brief overview of 2D-hydrodynamic modelling and how to possibly overcome its limitations in extreme flood management in urban areas by artificial intelligence**, Januar 2022, DOI: 10.3850/IAHR-39WC252171192022801, Proceedings of the 39th IAHR World Congress From Snow to Sea
- Omar Seleem, Georgy Ayzel, Axel Bronstert, Maik Heistermann: **Transferability of data-driven models to predict urban pluvial floodwater depth in Berlin, Germany**, EGU General Assembly 2023, Wien, Österreich, April 2023, EGU23-6693, [doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6693](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6693), 2023.
- Sophia Dobkowitz.: **Grüne Infrastruktur – Übersicht über Maßnahmen und deren Auswirkungen auf das urbane Überflutungsrisiko**, Tag der Hydrologie 2023, Bochum, Deutschland, März 2023.
- Sophia Dobkowitz und Omar Seleem: **Evaluating the impact of infiltration from sealed surfaces and green infrastructure on urban pluvial flooding**, EGU General Assembly 2023, Wien, Österreich, April 2023, EGU23-6841, [doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6841](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-6841), 2023. (<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU23/EGU23-6841.html>)

8. Oktober 2024

Universität Potsdam, Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie