

Starkregenvorsorge und Schwammstadtidee

Abflussbildung und Wasserrückhalt in urbanen Gebieten, auch unter Betrachtung dezentraler Regenwassermaßnahmen

Sophia Dobkowitz, Omar Seleem, Axel Bronstert

22. April 2024

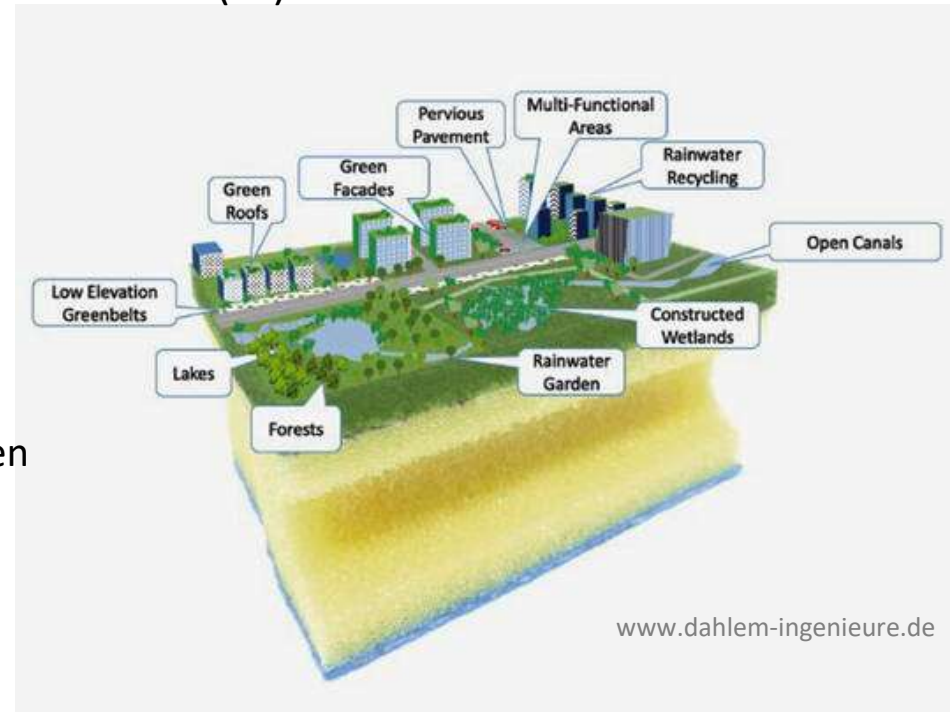
Universität Potsdam, Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie



BMBF-Forschungsprojekt Inno_MAUS: Innovative Instrumente für das urbane Hochwasserrisikomanagement

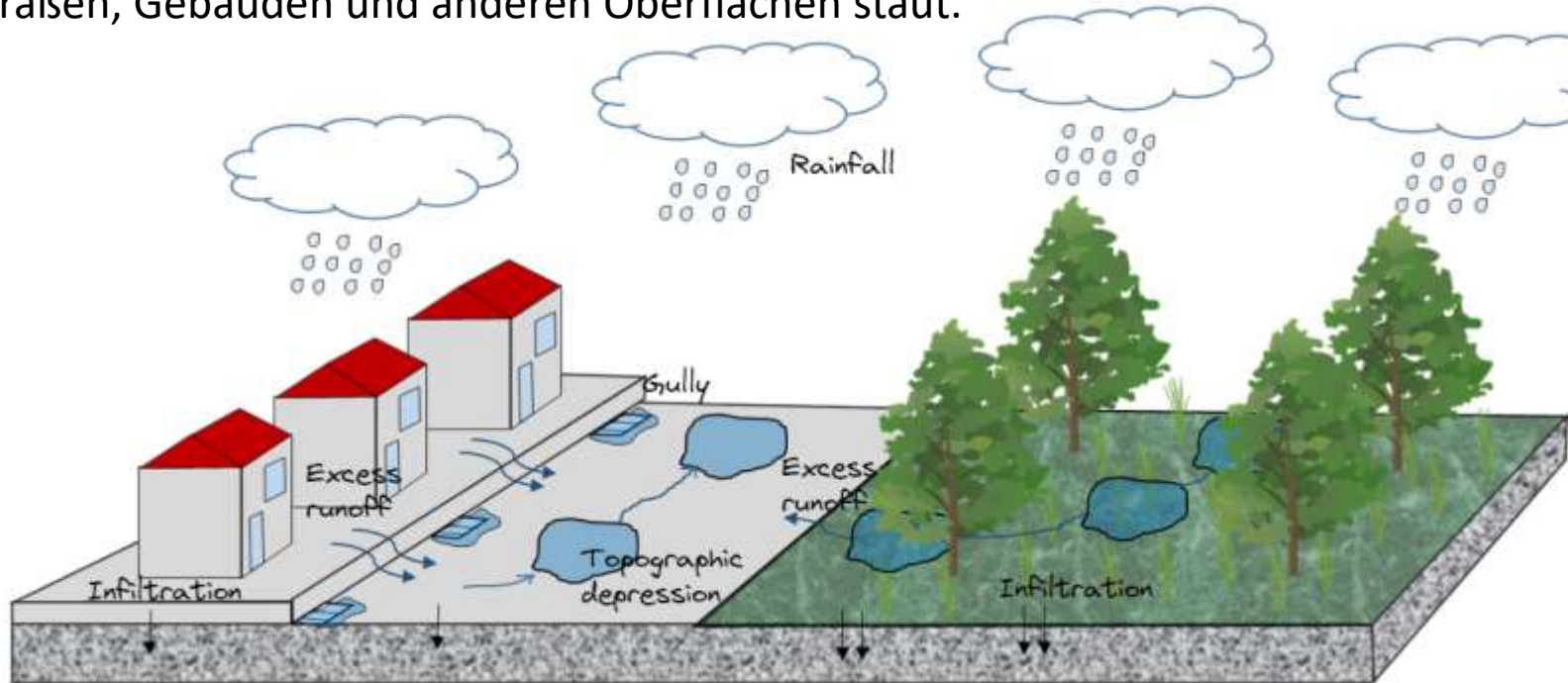
Welchen Beitrag können wir von Grüner Infrastruktur (GI) erwarten?

- Wie viel Wasser kann GI zurückhalten?
- Was zeigen Modellierungen und Feldstudien?
- Welche Aspekte beeinflussen den Rückhalt?
- Wie unterscheiden sich die Leistungen der verschiedenen GI-Typen?
- Wie können wir die Leistung von GI quantifizieren und vergleichen?



Motivation

Städtische Überschwemmungen treten auf, wenn der Abfluss aus intensiven Regenfällen die Kapazität der städtischen Entwässerungssysteme übersteigt und sich das Wasser auf Straßen, Gebäuden und anderen Oberflächen staut.



- Zunahme der Versiegelung
- Abnahme von Versickerung und Evapotranspiration
- Mehr und schnellere Abflussbildung



www.sieker.de/fileadmin/_processed_/d/8/csm_Veraenderung_des_Wasserhaushaltes_durch_Urbanisierung_aaf10601d2.png

- **Zunahme des Überflutungsrisikos bei Starkregen**
- Gefährdung der Wasserqualität
- Thermale Effekte (Urban Heat Island Effect)
- Wie kann der Wasserkreislauf der Stadt dem natürlichen ähnlicher werden?



www.sieker.de/fileadmin/sieker/Fachartikel/Wasserhaushalt/Bausteine_der_Regenwasserbewirtschaftung_deutsch.png

Verschiedene Bezeichnungen

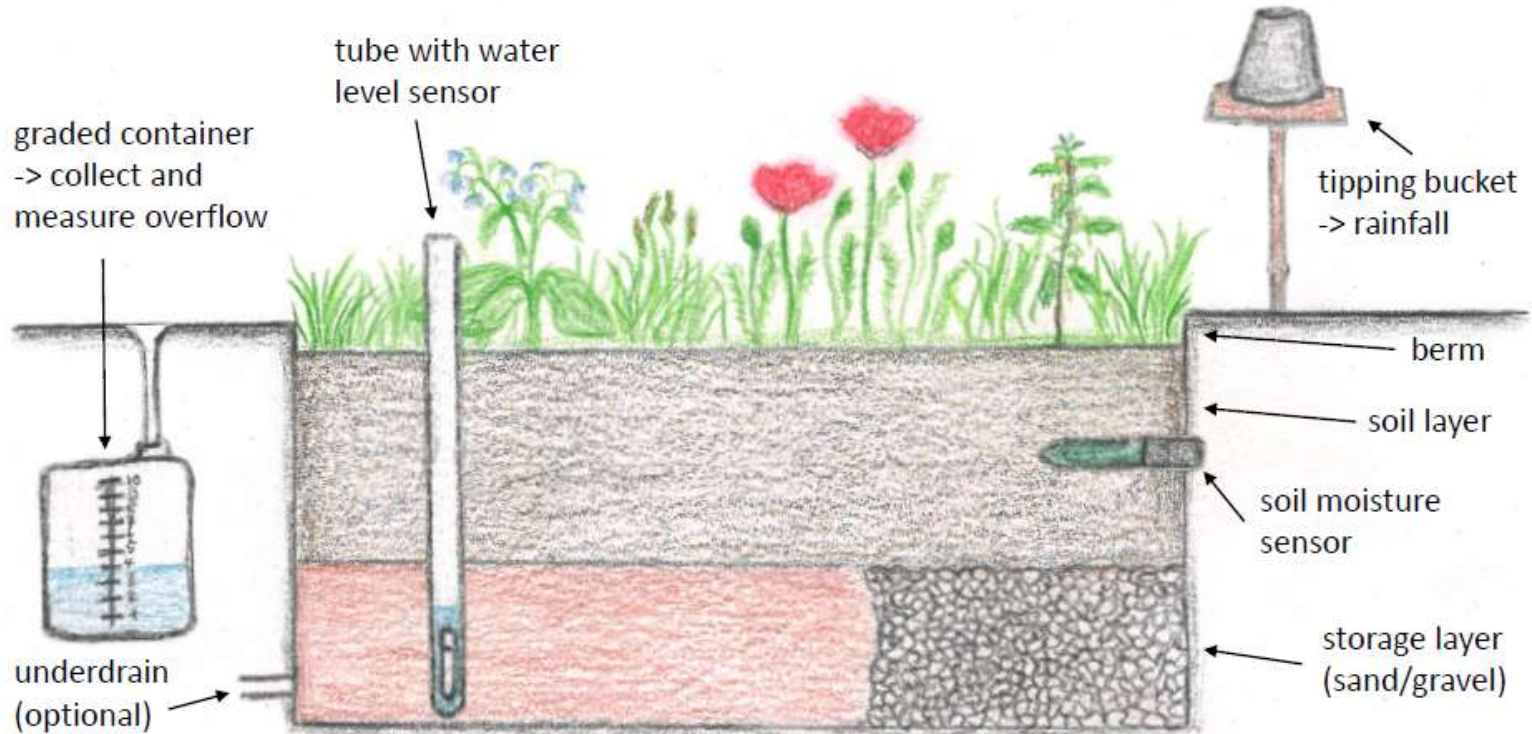
- Schwammstadt/Sponge City
- Green (-blue) infrastructure
- Low impact (urban design and) development
- Sustainable urban drainage system
- Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung
- Urban stormwater Best Management Practice
- Nature-based infrastructure/solutions
- Water sensitive urban design

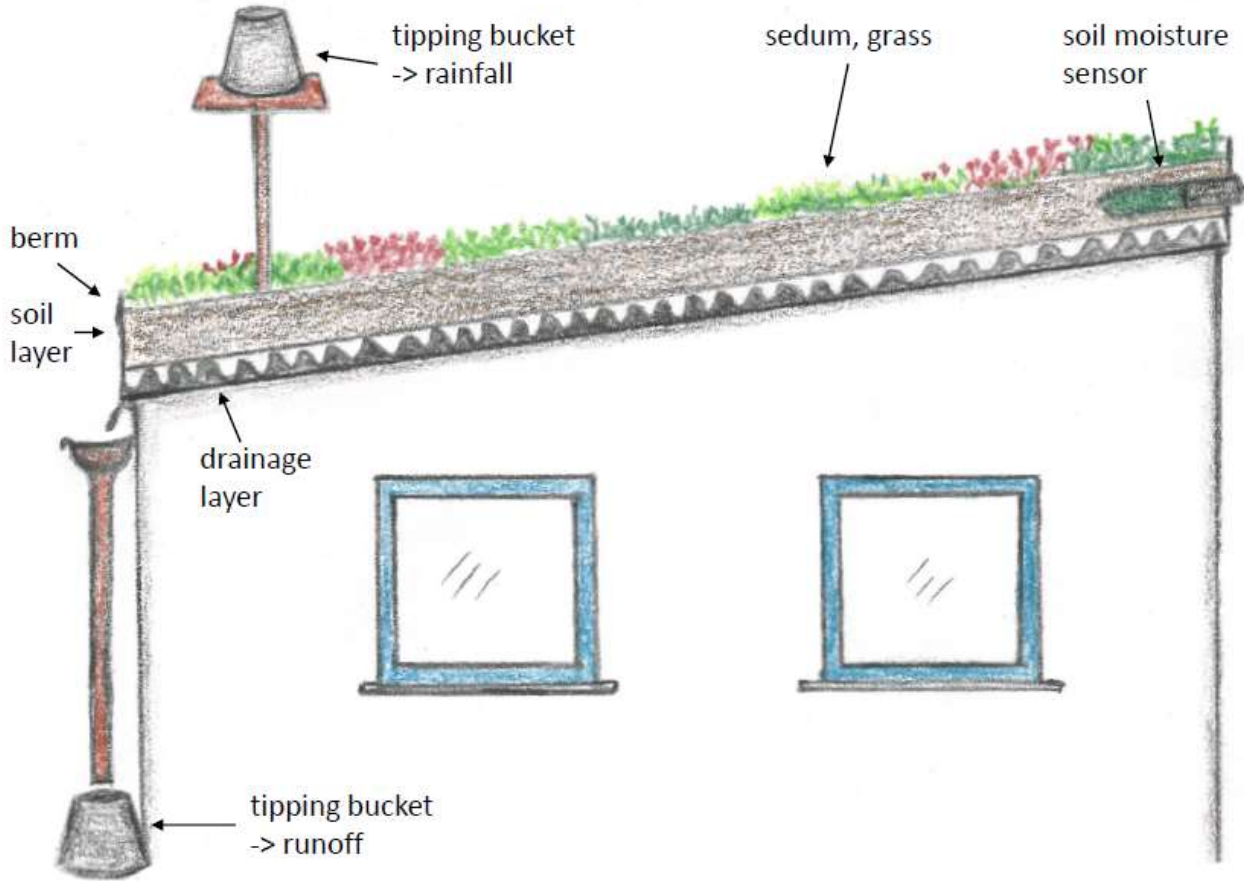
➤ Verwendung je nach Region und thematischem Fokus

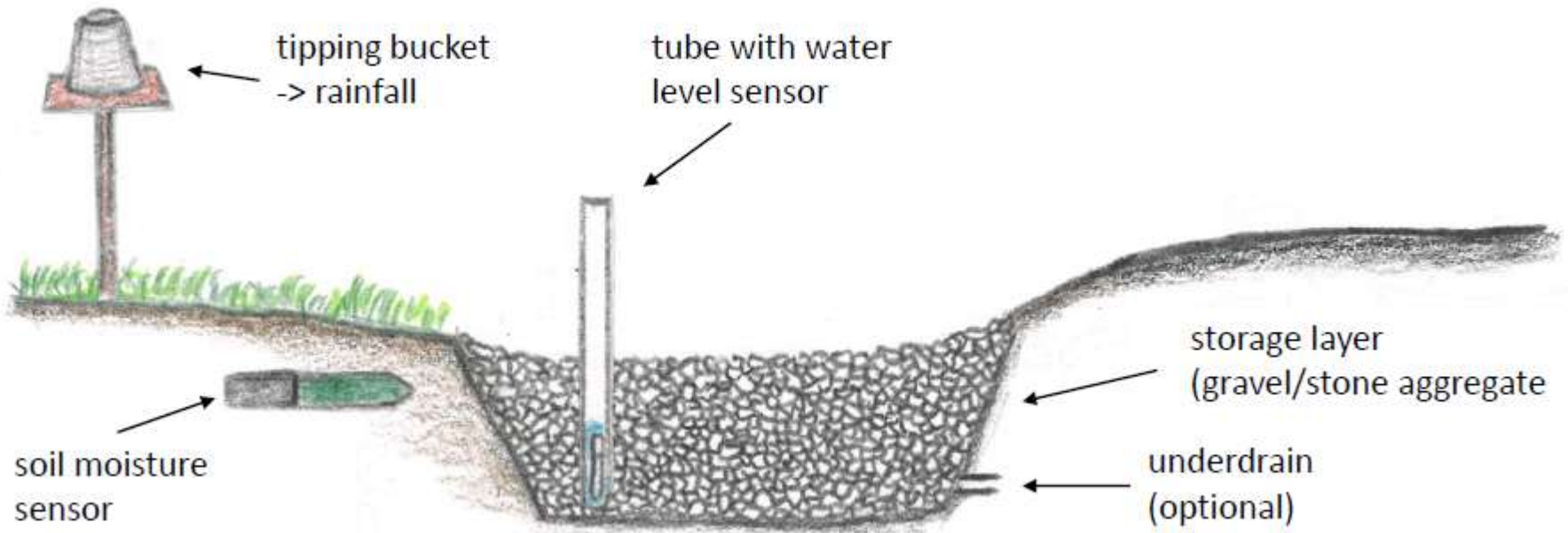
Ökosystemdienstleistungen

- Verringerung des Überflutungsrisikos
- Verbesserung der Wasserqualität
- Verbesserung der Lebensqualität des öffentlichen Raums (Temperatur, Luftqualität, Ästhetik...)
- Habitate für mehr Biodiversität

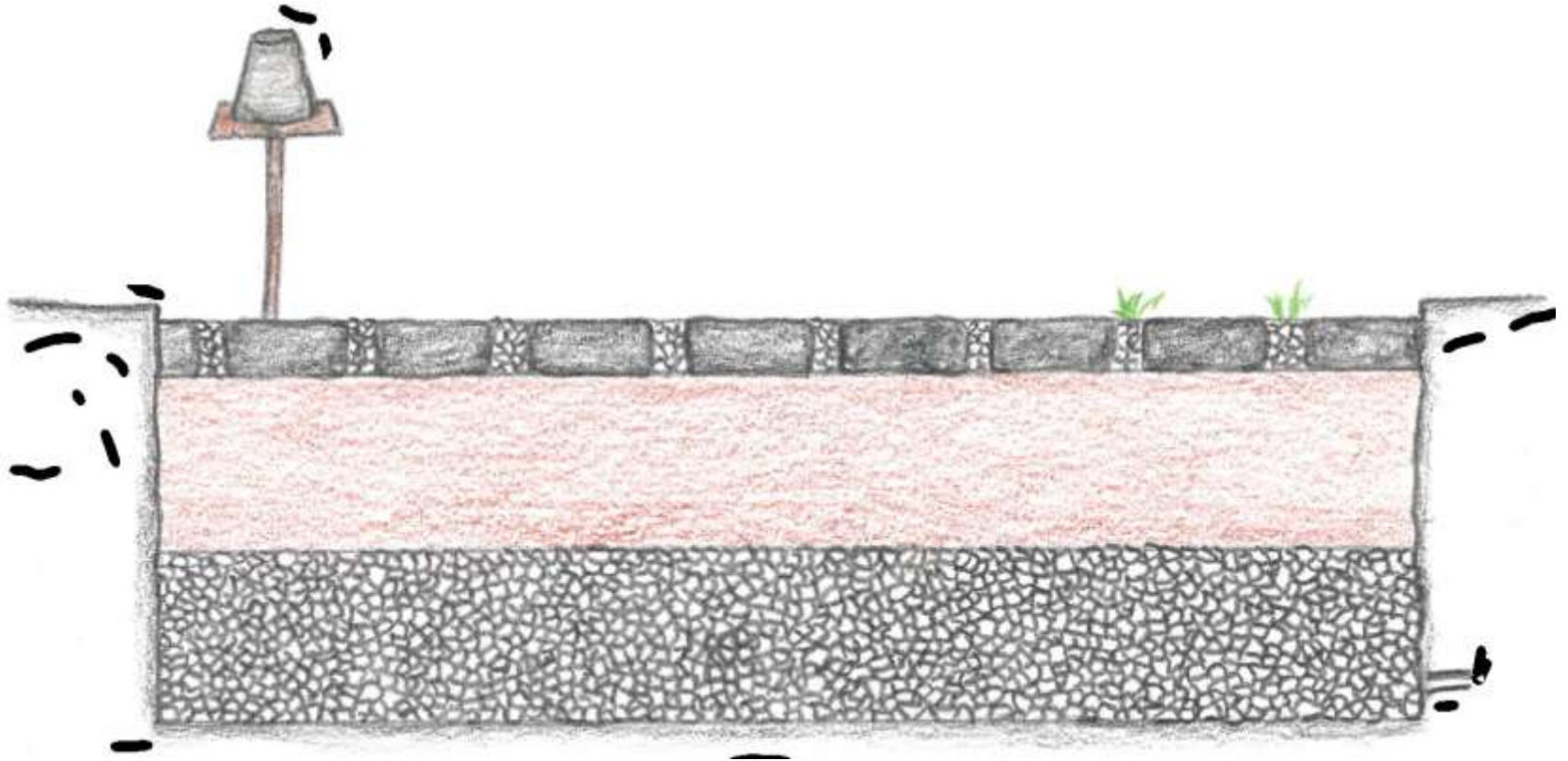


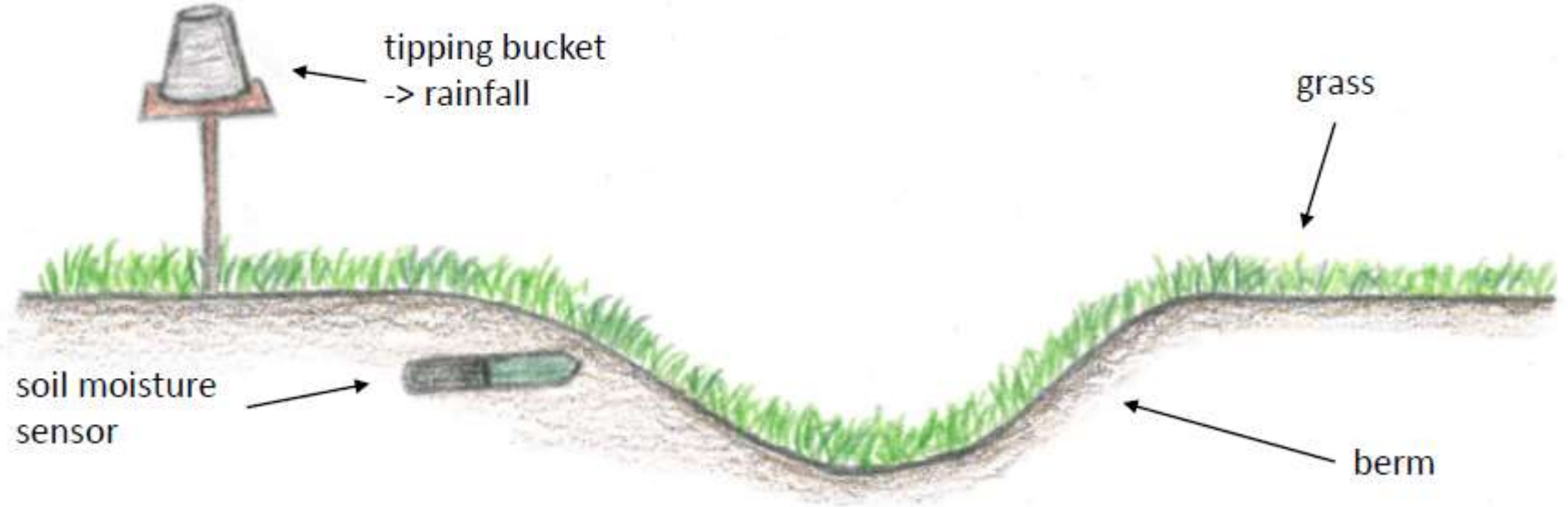






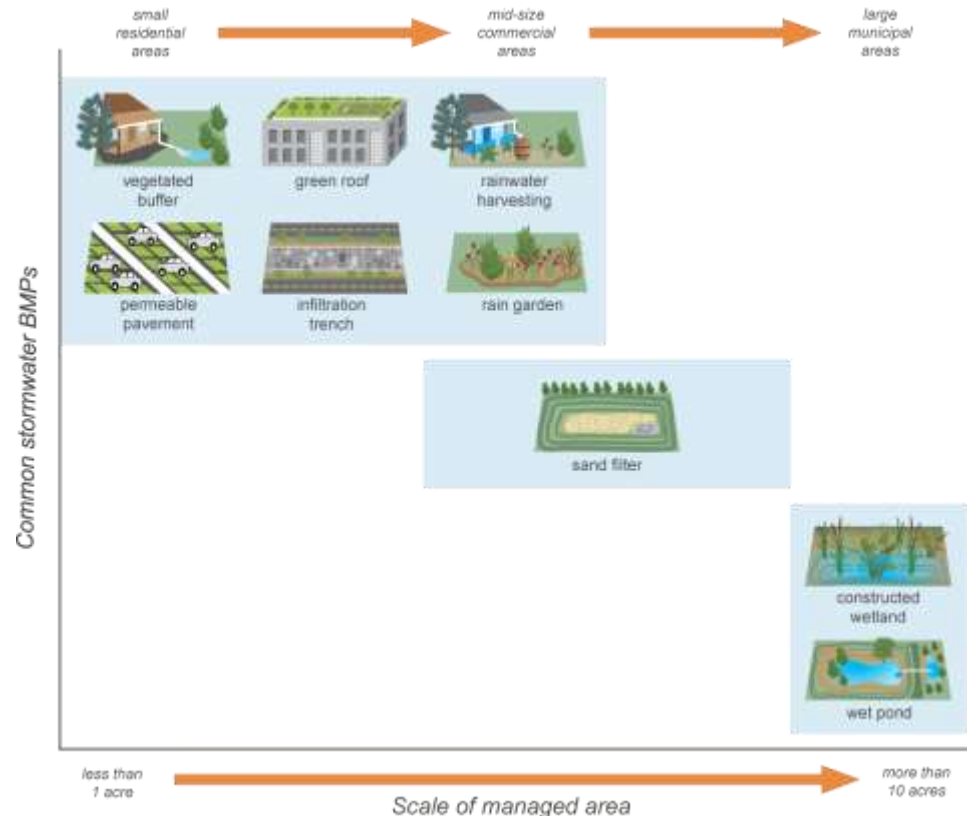
bewachsene Mulde/Rinne / Swale (VS)



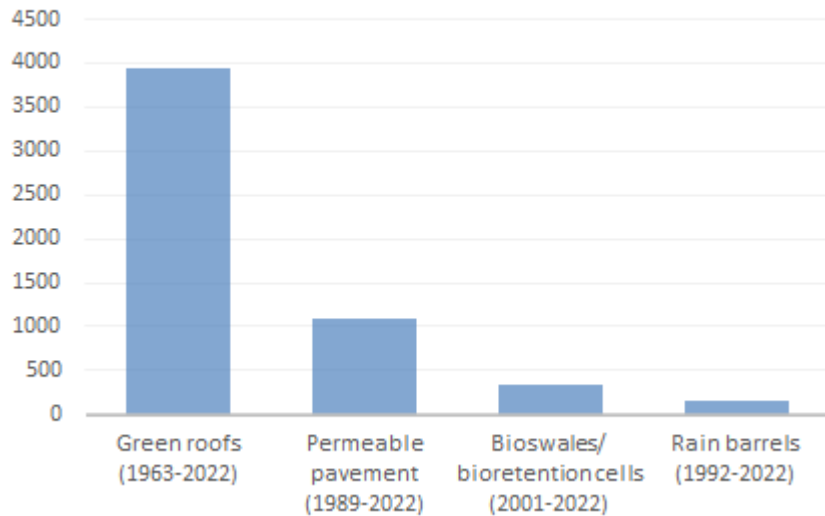


- Räumliche Skala
 - Gebäude/Viertel/EZG
- Rückhalt durch
 - Verdunstung
 - Speicherung
 - Versickerung
- Strukturelle/Nicht-strukturelle Maßnahmen

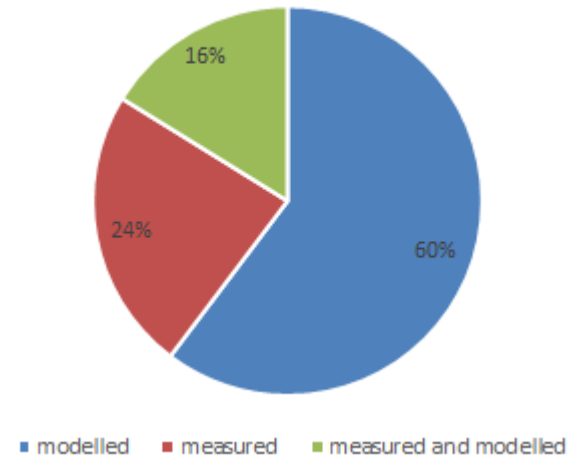
- Gründächer
- Regentonnen/Zisternen
- Durchlässiges Pflaster
- Straßenbäume
- Muldenspeicher
- Rigolen-Systeme
- Teiche



Studies in Web of Science

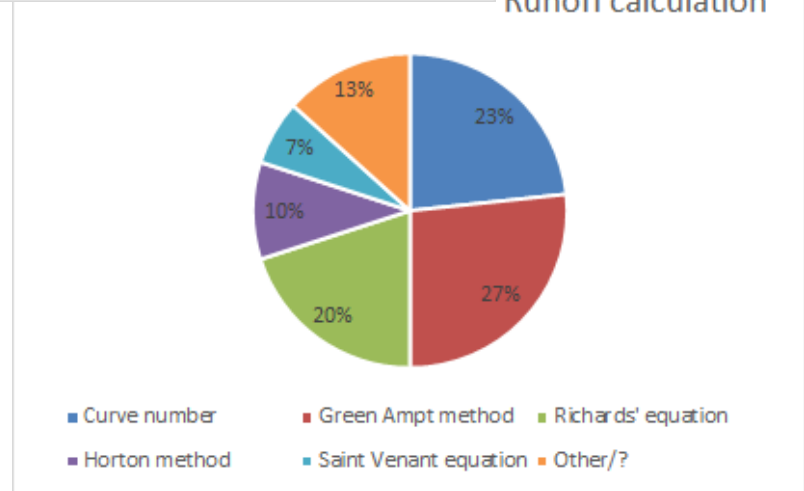
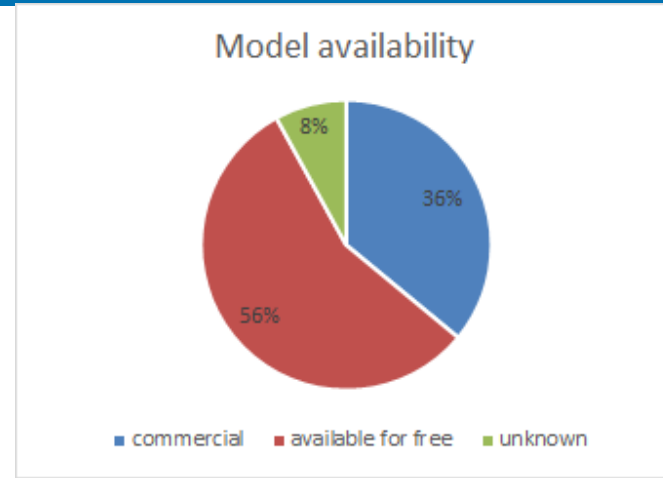
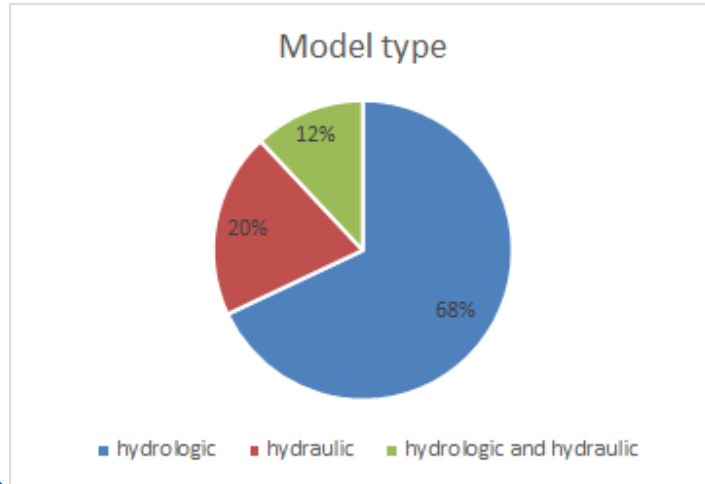


Green roof performance studies



- Räumlich: Auflösung, Ausdehnung
- Zeitlich: Auflösung, Eventbasiert/kontinuierlich
- Thematisch: **Wasserquantität**, -Qualität, Temperatur, Cost-Benefit-Analyse, Lifecycleanalyse

➤ 25 Modelle im Vergleich



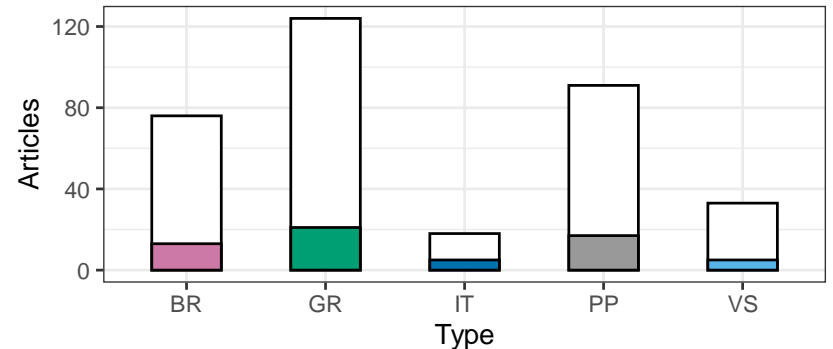
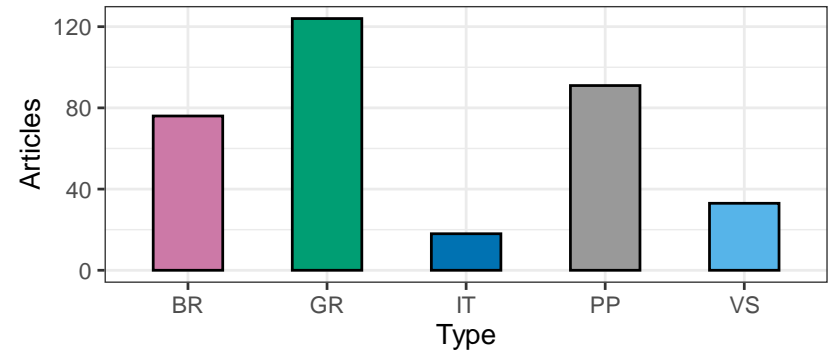
Literatur-Studie

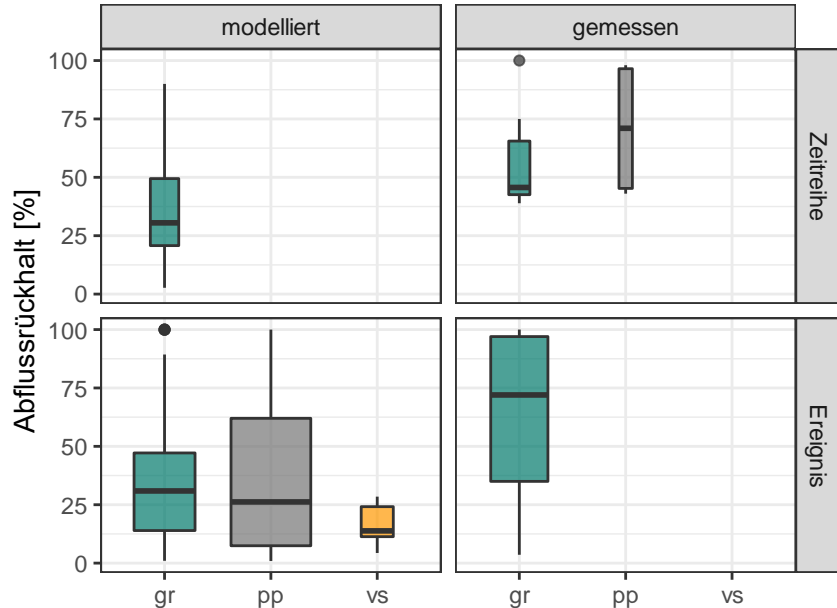
- Versickerungsfläche / Bioretention (BR)
 - Gründächer / Green roof (GR)
 - Infiltration trench (IT)
 - Durchlässige Oberfläche / permeable pavement (PP)
 - bewachsene Mulde/Rinne / Swale (VS)
- Wirkung bei urbanen HW



Auswahl

- Quantitative hydrologische Wirkung
- Getrennte Evaluierung unterschiedlicher GI typen
- „Ereignis-Skala“ (also keine Mittelwerte)
- Werte der Regen & GI % werden genannt

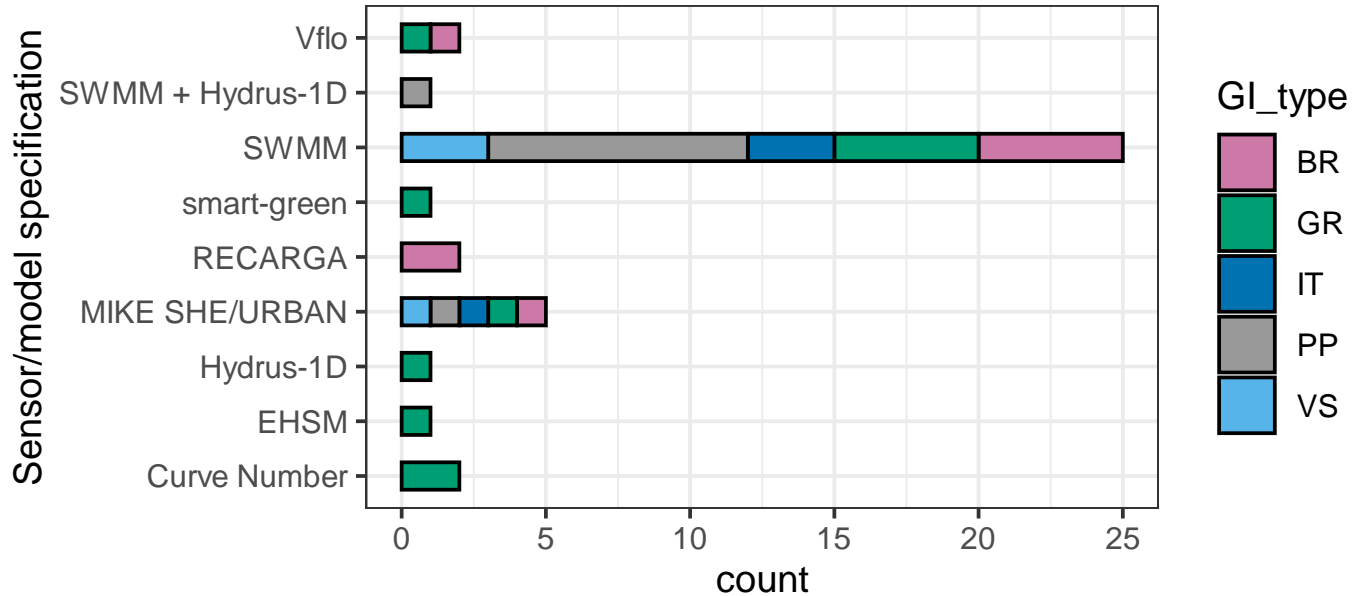




Abflussrückhalt durch Gründächer (gr), durchlässiges Pflaster (pp) und bewachsene Mulden/Rinnen (vs), untergliedert nach Modell-/Feldstudie und der zeitlichen Skala.

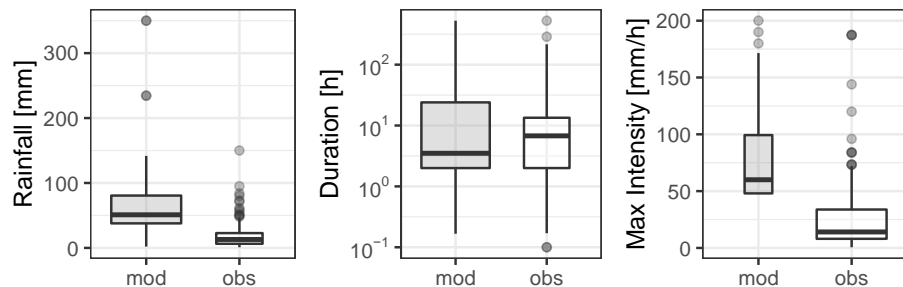
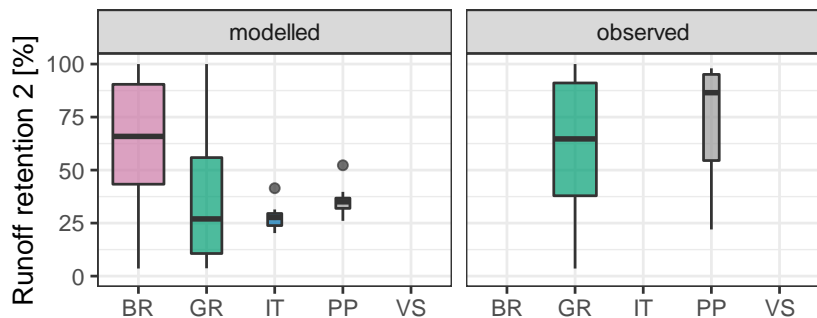
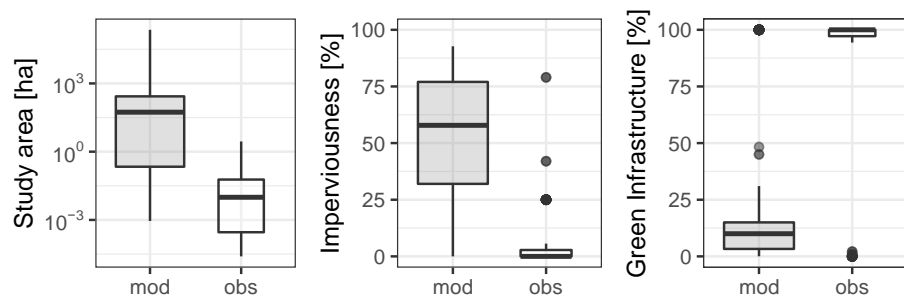
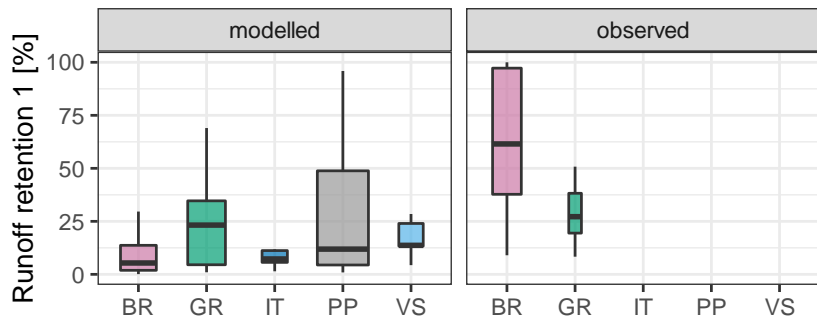
$$R_v = \frac{V_{ohne} - V_{GI}}{V_{ohne}} * 100$$

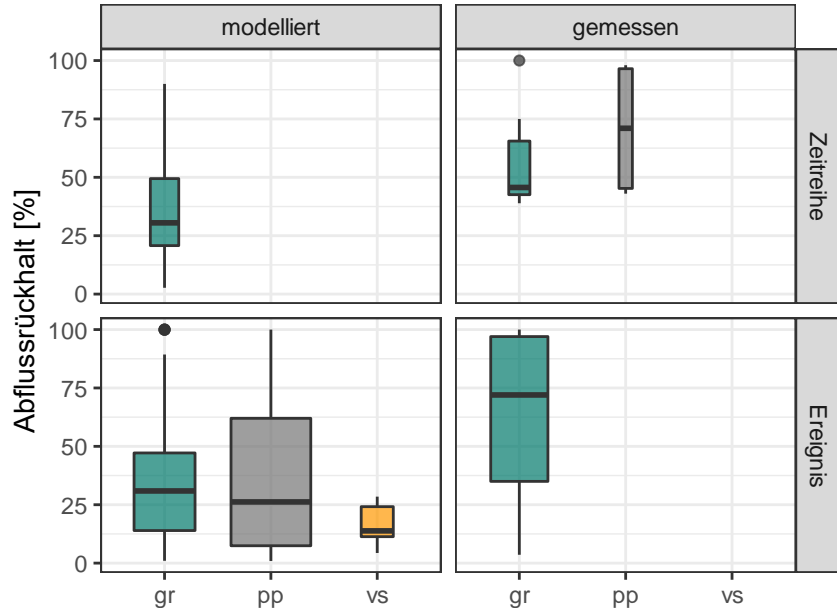
- R_v : zurückgehaltenes Abflussvolumen, V_{ohne} : Abfluss ohne GI, V_{GI} : Abfluss mit GI
- Bei weitem am häufigsten erfasst
- Alternativ im Verhältnis zum Niederschlag (V_{ohne} durch $V_{Niederschlag}$ ersetzt)



- SWMM is the most used model
- GR shows the highest model variety
- RECARGA is specifically for BR

Abflussreduktion : Modellierung vs. Messungen in der Natur



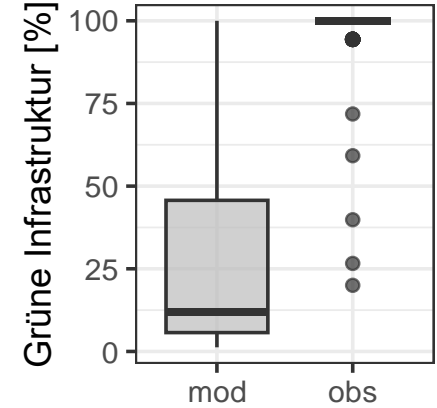
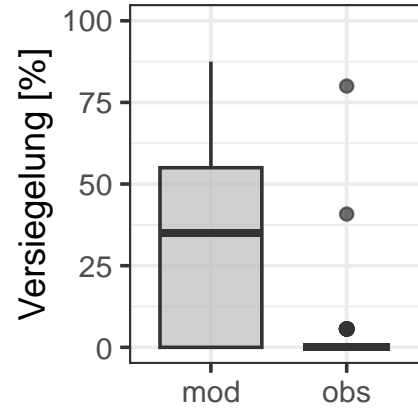
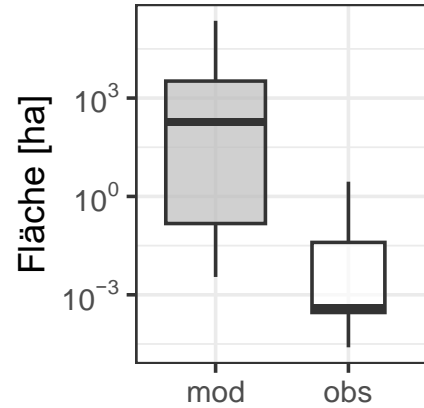


Abflussrückhalt durch Gründächer (gr), durchlässiges Pflaster (pp) und bewachsene Mulden/Rinnen (vs), untergliedert nach Modell-/Feldstudie und der zeitlichen Skala.

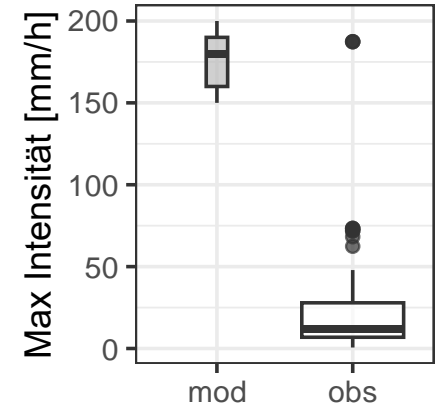
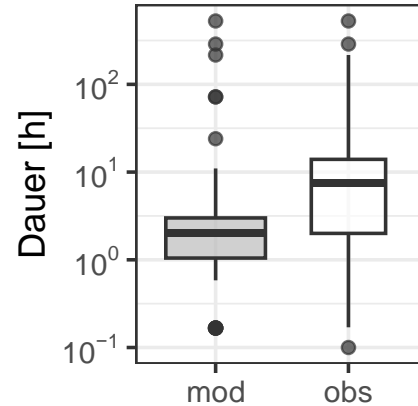
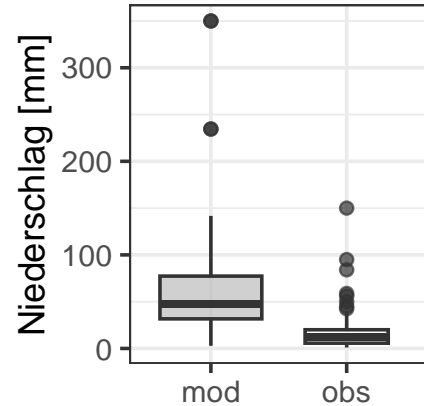
$$R_v = \frac{V_{ohne} - V_{GI}}{V_{ohne}} * 100$$

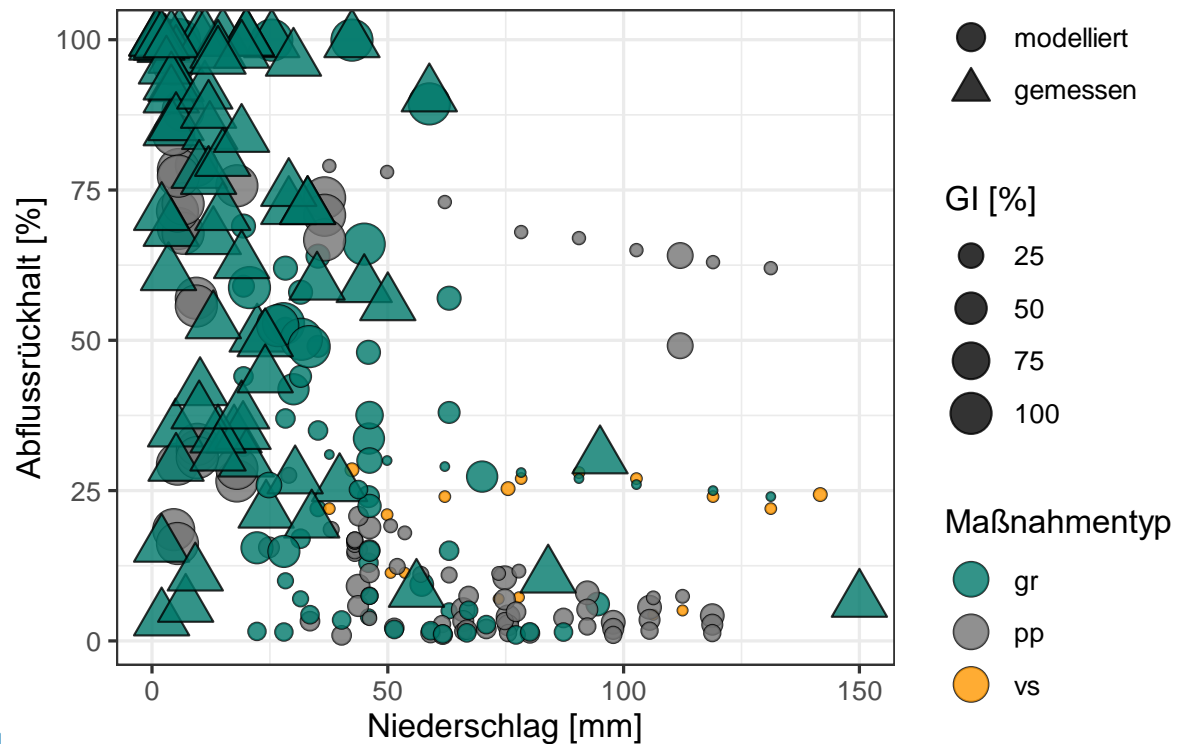
- R_v : zurückgehaltenes Abflussvolumen, V_{ohne} : Abfluss ohne GI, V_{GI} : Abfluss mit GI
- Bei weitem am häufigsten erfasst
- Alternativ im Verhältnis zum Niederschlag (V_{ohne} durch $V_{Niederschlag}$ ersetzt)

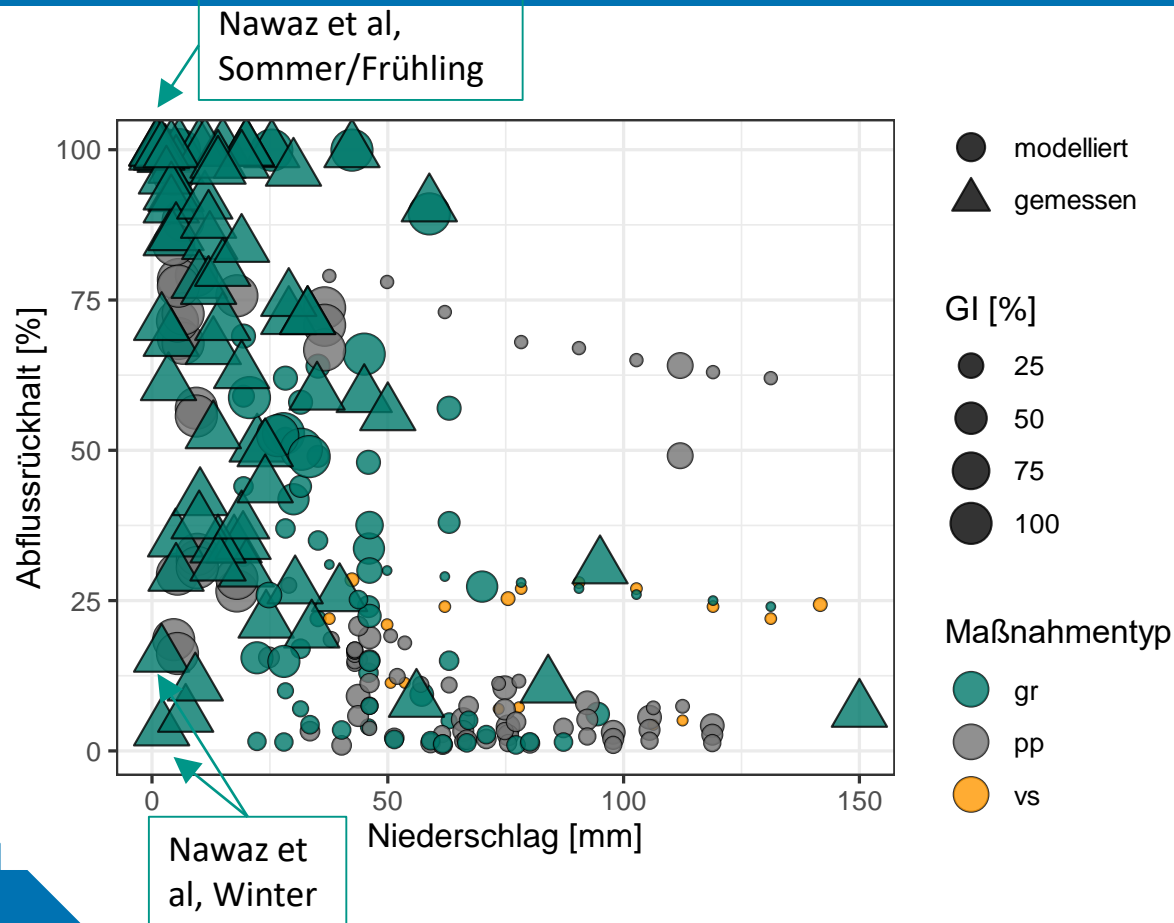
EZG-Charakteristika der gesammelten Studien



Eigenschaften der Nd-Ereignisse der ereignisbasierten Studien

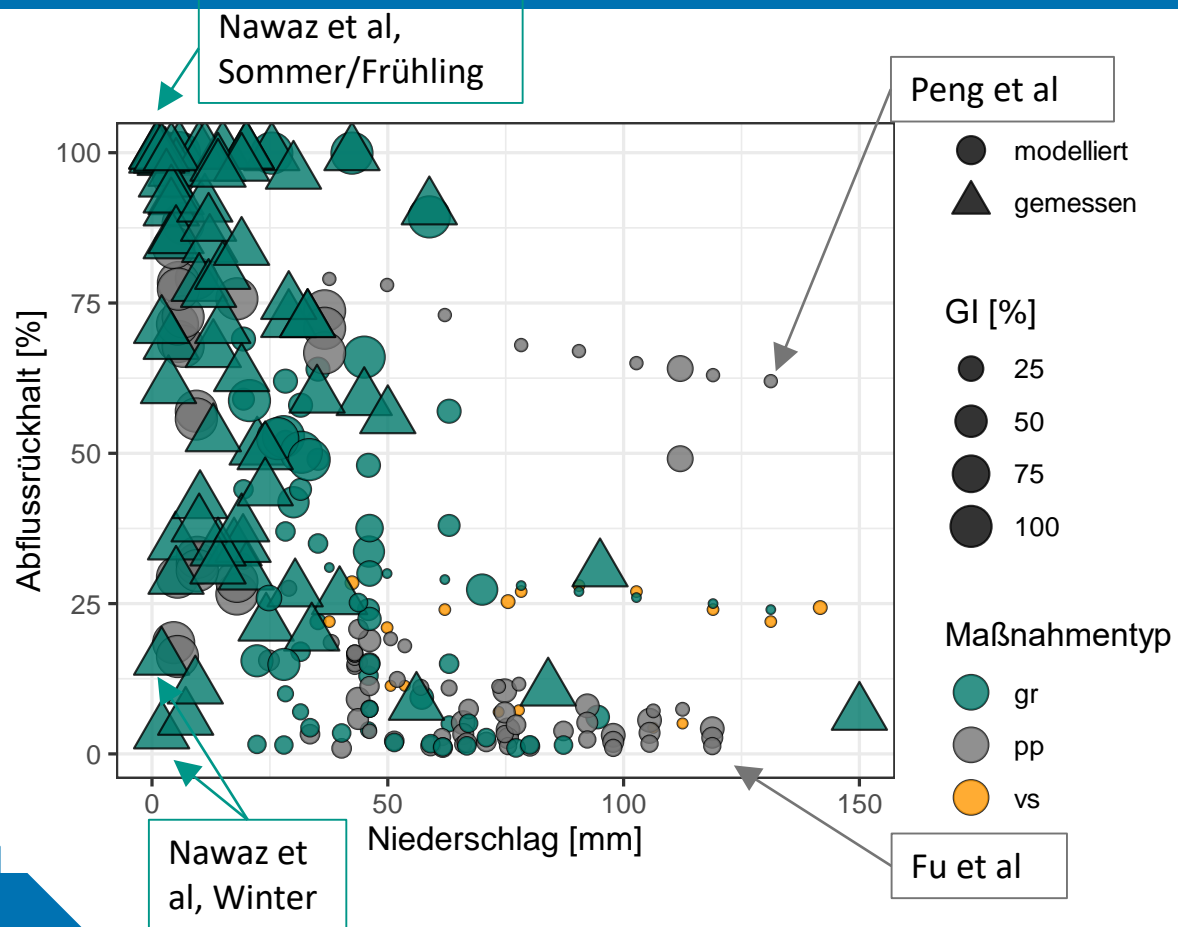






Nawaz et al (2015)

- Extensives Gründach (3 cm) , Leeds, UK
- Feldstudie, Niederschlags- und Abflussmessung mit Kippwaage
- Rückhalt stark jahreszeitenabhängig



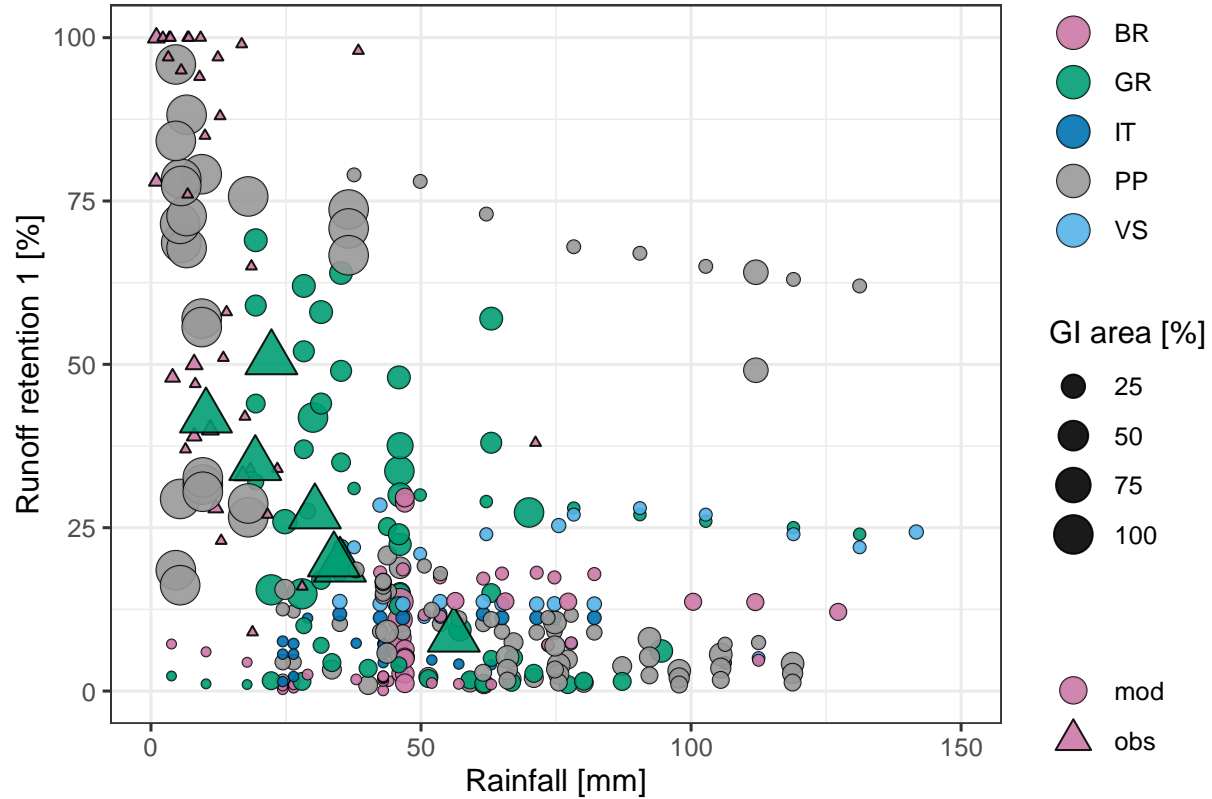
Peng et al (2019)

- Durchlässiges Pflaster, Fuzhou, China
- Modell SWMM
- Infiltrationsrate obere Schicht 200 mm/h, darunter 400 mm/h

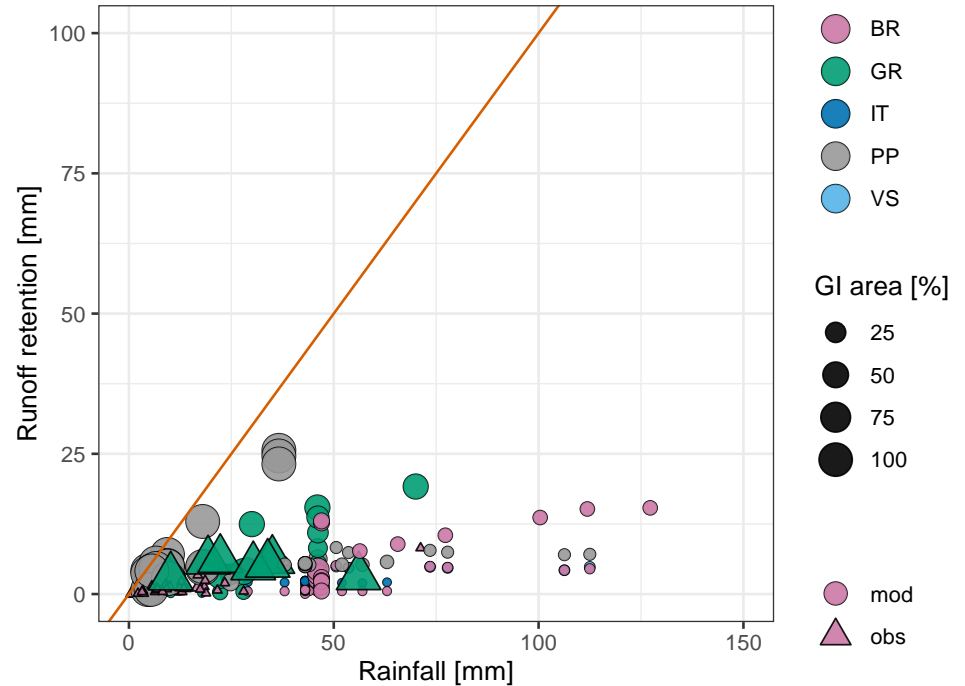
Fu et al (2020)

- Durchlässiges Pflaster, Xiamen, China
- Modell SWMM gekoppelt mit Hydrus-1D
- Infiltrationsrate 75 mm/h

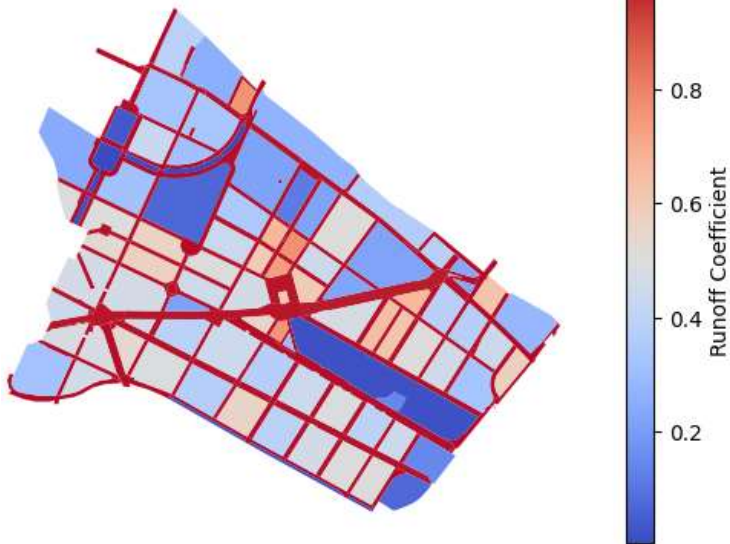
Abflussrückhalt als Funktion der Regenmenge



- Sehr (zu) viele unterschiedliche Maße zur Wirkungsbeurteilung
- Abflussreduktion [mm] ist/wäre am interessantesten
- Die Wirkung hängt von vielen Aspekten ab
 - Regen [mm] und Regenintensität [mm/h]
 - Gebietscharakteristik / Durchlässigkeit
 - GI Ausdehnung und Typ
 - Bodenfeuchte vor dem Starkregen

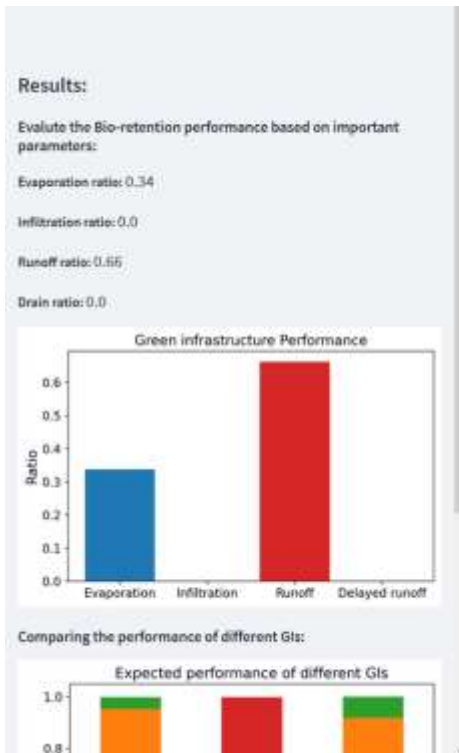


Kreuzberg (Berlin), Modellierung in SWMM



Abflussbeiwerte der Teil-EZG
(nach dem Modell SWMM)

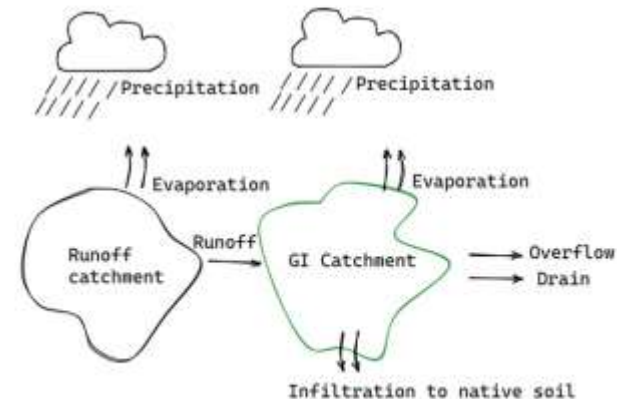
Tool zum Vergleich verschiedener GI Maßnahmen



Quick Hydrologic-Hydraulic Screening Tool for Green Infrastructure

The inventory employs Storm Water Management Model (SWMM) simulations. GI units are placed in a separate catchment, receiving excess runoff from the upstream catchment (Runoff catchment) as shown in the below figure.

Inflows include combined runoff from the runoff catchment and direct rainfall onto the GI catchment. Outflows involve evaporation (if relevant), native soil infiltration (if applicable), drainpipe drainage (if needed), and overflow (if GI capacity is exceeded).



Schematic illustration of the SWMM model setup to simulate the green infrastructure (GI) performance

1. Ein gezielter Wasserrückhalt in urbanisierten Gebieten kann den Oberflächenabfluss daraus reduzieren.
2. Allerdings ist der Ausmaß des Rückhaltes abhängig vom:
 - Urbanisierungsgrad des Gebietes
 - Typen und Umfang der Rückhaltmaßnahmen
 - Stärke des Regenereignisses!
3. Je stärker der Regen, desto geringer (relativ gesehen, also in %!) der Rückhalt des Gebietes (sowohl urban als auch ländlich)
4. Verallgemeinernde / gemittelte Angaben sind wenig hilfreich oder gar irreführend
5. Effekte auf das lokale städtische Klima und weitere positive Wirkungen sind willkommen
6. Mögliche Wasserrückhaltungen für spätere Minderungen von Dürresituationen sind aufwendig und in ihrer Wirkung (zwangsläufig) begrenzt
7. Eingehende Messprogramme wären sehr sinnvoll

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Beispiel : Berlin Sommer 1902



Beispiel : Berlin 24. Juni 1975



Beispiel : Würzburg Juli 2021



Sophia Dobkowitz, Omar Seleem, Axel Bronstert

22. April 2024

Universität Potsdam, Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie