

Klimaresiliente urbane Infrastruktur am Beispiel des städtischen Regenwassermanagements



TUHH
Technische
Universität
Hamburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering

Wer sind wir

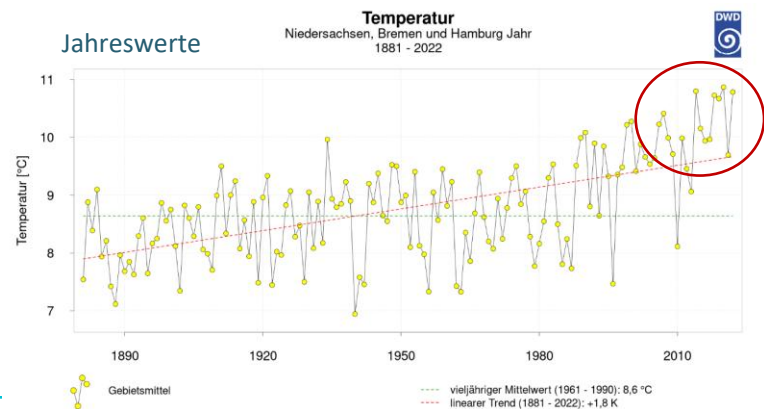
- Technische Universität Hamburg (TUHH)
 - Gegründet 1978
 - Starker Fokus auf Nachhaltigkeit sowie die Anpassung an den Klimawandel
 - Schwerpunkt: Climate Informed Engineering
- Institut für Wasserbau
 - Institutsleiter Prof. Peter Fröhle
 - 20 Mitarbeiter



... das war KK22.... Und KK24

- An der TUHH
 - Sturmflut
 - Deichsicherung
 - Anpassung an die Konsequenzen des Klimawandels
 - ...





Zukünftige Szenarien

- Urbanisierung
- Klimawandel



Höhere Belastung der Entwässerungssysteme

?

Niederschlag



Kleine urbane Gewässer

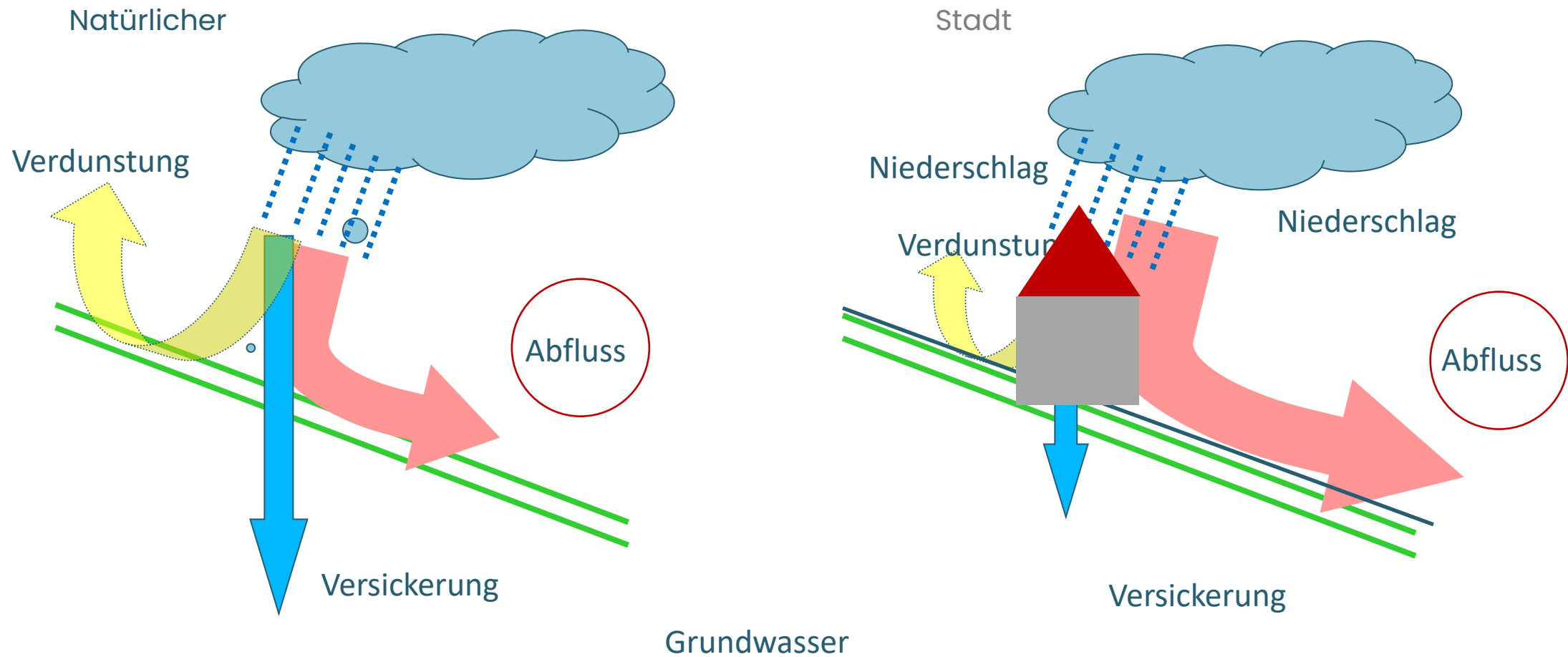
Fluss (z.B. Elbe)

Entwässerungssystem (Kanalnetz)

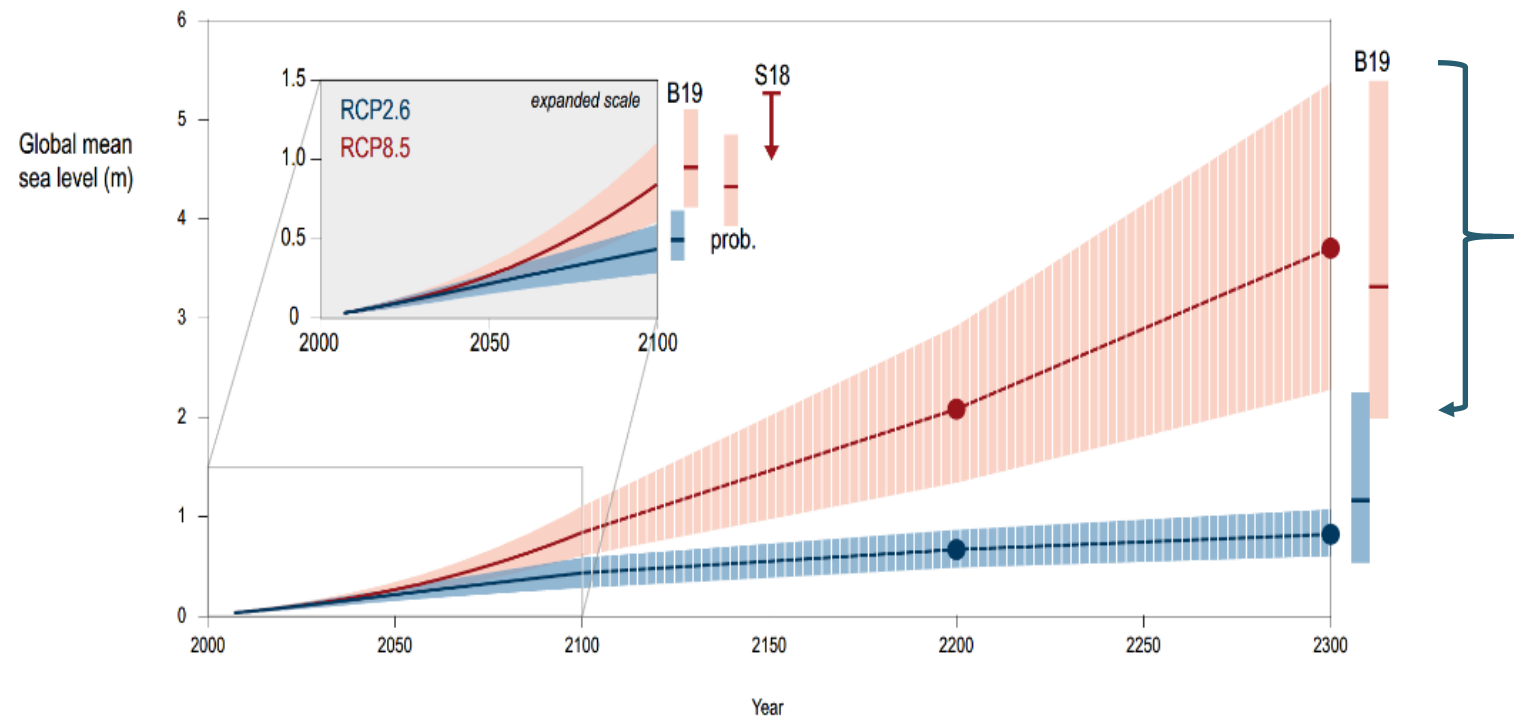
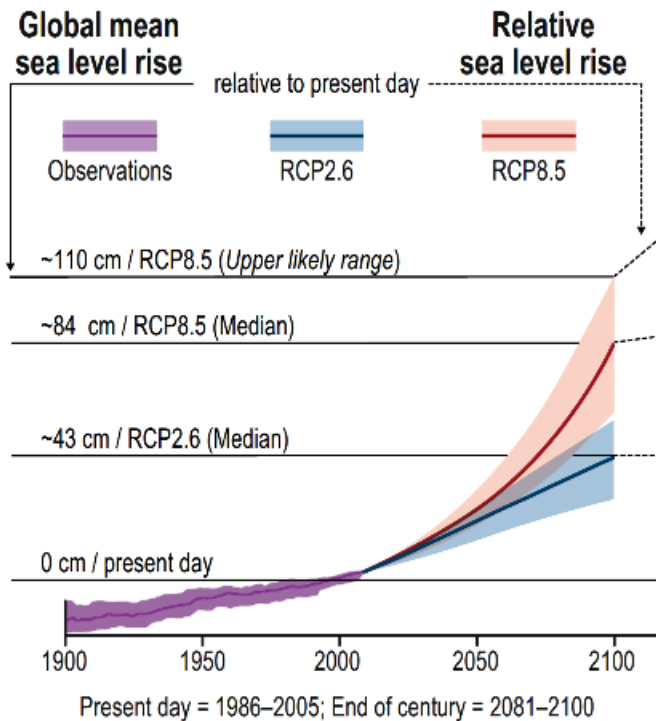
Was passiert wenn das Kanalnetz überläuft?
und die Gewässer überlaufen?
... und wenn wir mehr Häuser und
Straßen bauen?



Problemdarstellung

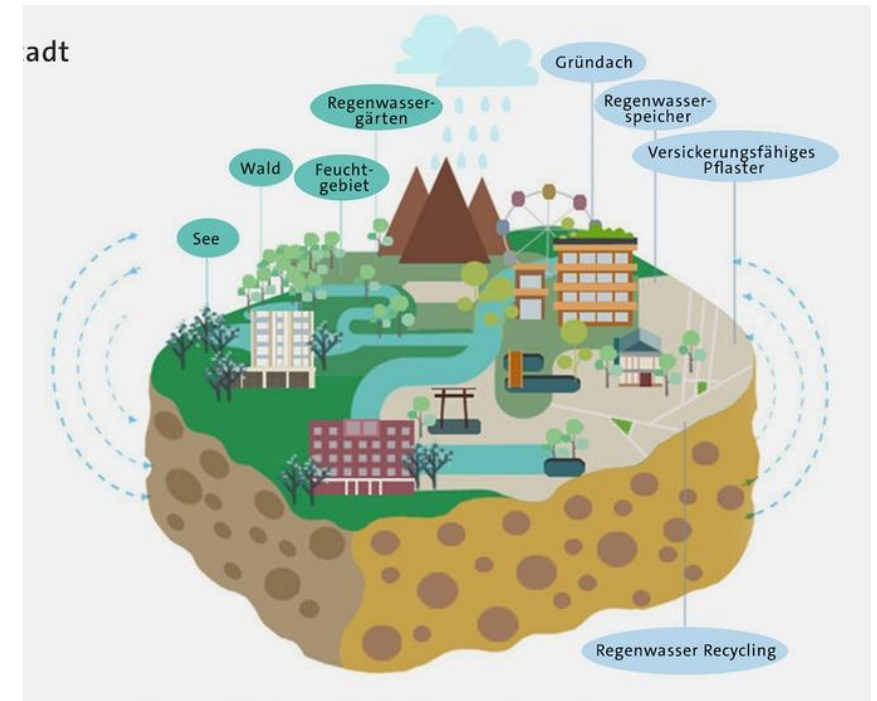
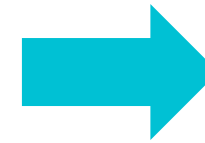


Klimaszenarien



→ Anpassungsfähigkeit
→ Unsicherheiten

Schwammstädte...



Source: Wissen vor acht

Welche Maßnahmen?

Maßnahmen- Gründächer



Maßnahmen- Gründächer

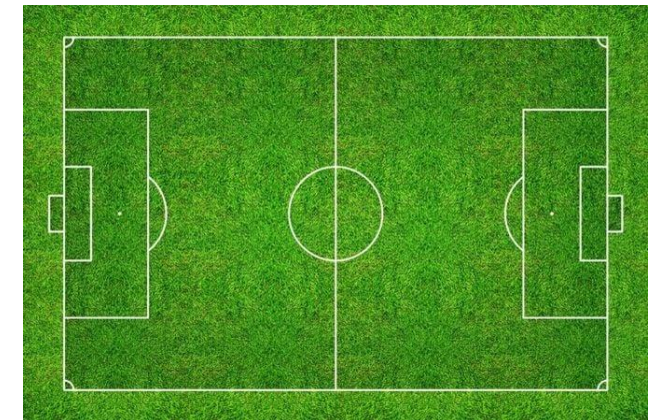
TUHH



Maßnahmen- Gründächer+ Solaranlagen



Maßnahmen- Gründächer- Bergen, Norwegen



Maßnahmen- Gründächer in Hamburg



Maßnahmen- Gründachstrategie in Hamburg:

- Die Stadt Hamburg möchte so viel wie möglich Gründächer bauen.



Bild: © Visualisierung: TH Treibhaus Landschaftsarchitektur, Luftbild: Matthias Friedel

Maßnahmen- Gründächer



Maßnahmen- Fassade+ Essbare Fassade



BuGG-Fassadenbegrünung des Jahres 2022: Vertikaler Garten der BLS Werkstätten in Bönigen

CLEVER Cities

Stimmen Sie ab!

Welches Obst wollen Sie mit dazu pflanzen?

Kiwi Exotisch und lecker. Stimmen Sie hier ab: ☐ 	BEERENSTRAUCH Nehmen Sie sich eine Handvoll für unterwegs mit. Stimmen Sie hier ab: ☐ 
APFEL Der Klassiker unter den lokalen Obstsorten. Stimmen Sie hier ab: ☐ 	ECHTER WEIN Vielseitig einsetzbar und auch zur Fassadenbegrünung geeignet. Stimmen Sie hier ab: ☐ 

etog **SAGA** **Hamburg**

Maßnahmen- Gründächer& Fassaden



1. University Bldg. A



2. Transit Facility Bldg.



3. Commercial Bldg. A



4. University Bldg. B



5. Institutional Bldg.
Tower Block



6. Commercial Bldg. B



7. Residential Condo A



8. Residential Condo B



9. Residential Condo C

Beispiel: Singapore

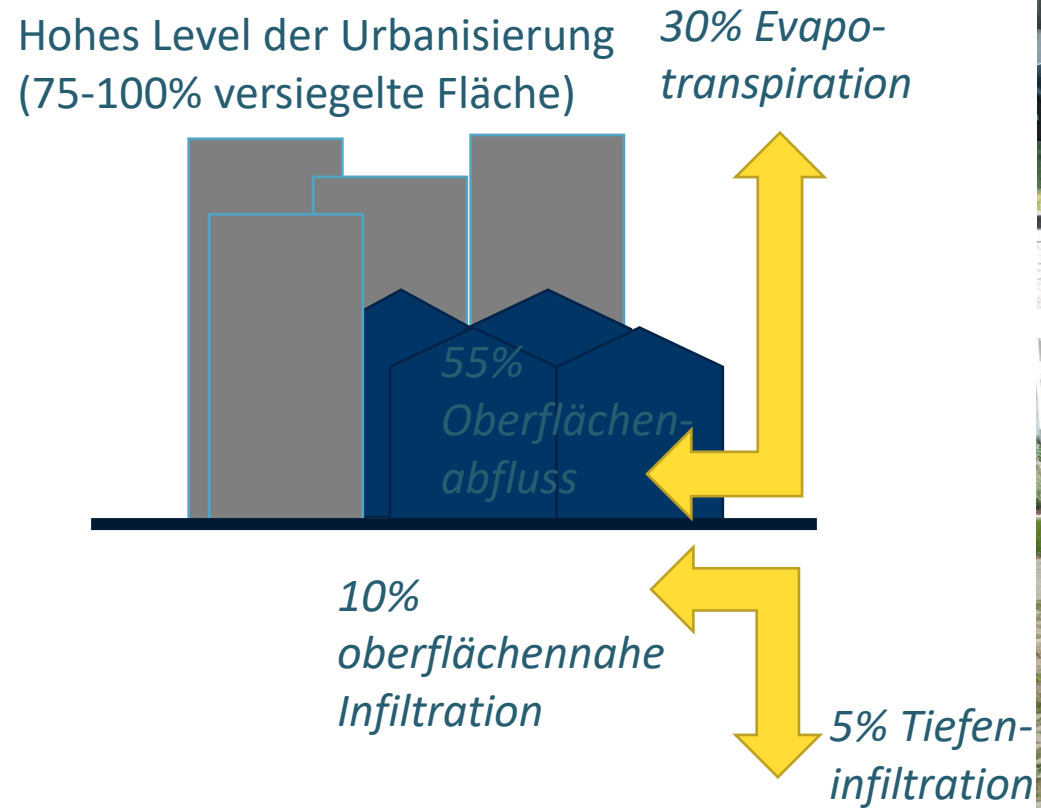
(Quelle: Chew, Conejos , (2016))



Unterhaltungsaspekte
wichtig!

Source: Author's photo

Maßnahmen- Entsiegelung



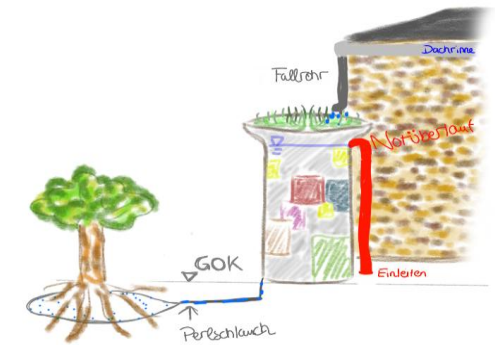
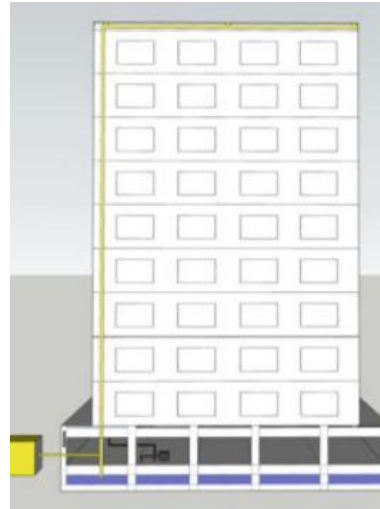
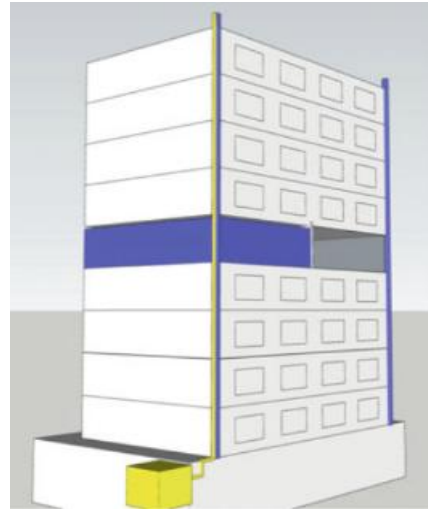
Maßnahmen- Entsiegelung



Maßnahmen- Teiche



Innovative elemente

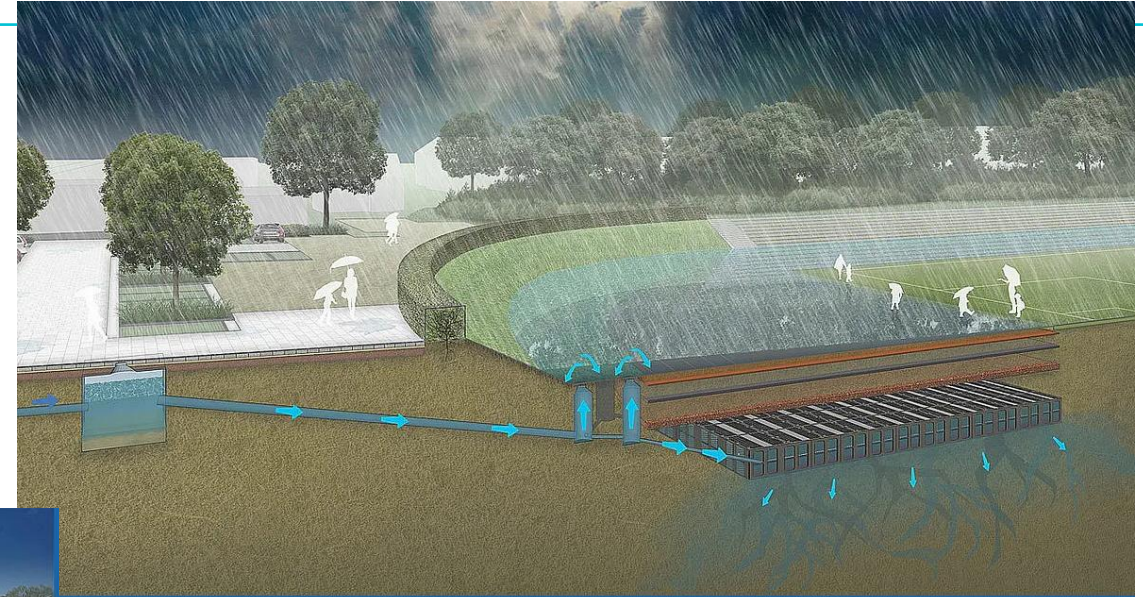


Maßnahmen- Schulen in Hamburg (RISA)



<https://www.kommunaldirekt.de/neuer-schwamm-schulhof-mindert-starkregen-folgen>

Maßnahmen- Sportplätze als multifunktionale Räume



Systemskizze des Überstaus auf die Fläche des Hein-Klink-Stadions © Naumann Landschaft



Systemskizze des Notüberlaufs für die Regelentwässerung in das Hein-Klink-Stadion © Naumann Landschaft

RISA Projekt

<https://www.youtube.com/watch?v=KRJWzqzRf7w>

Maßnahmen- Sportplätze als multifunktionale Räume

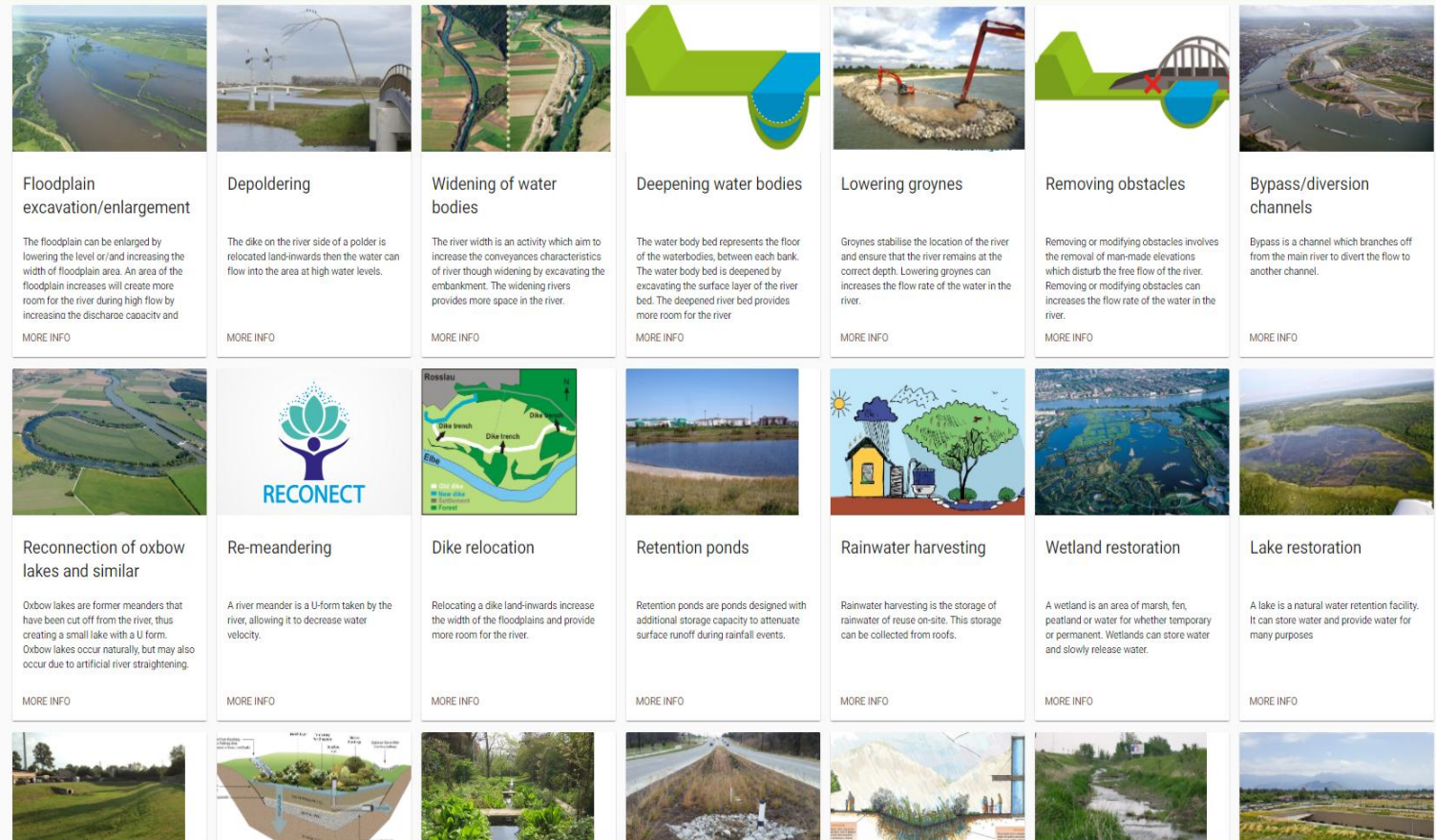


H2020 RECONNECT Database of measures (Large and small scale)



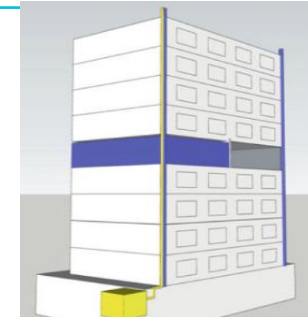
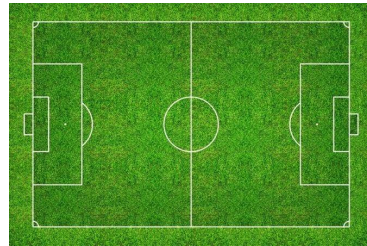
Measures (57)

← BACK TO FILTERS

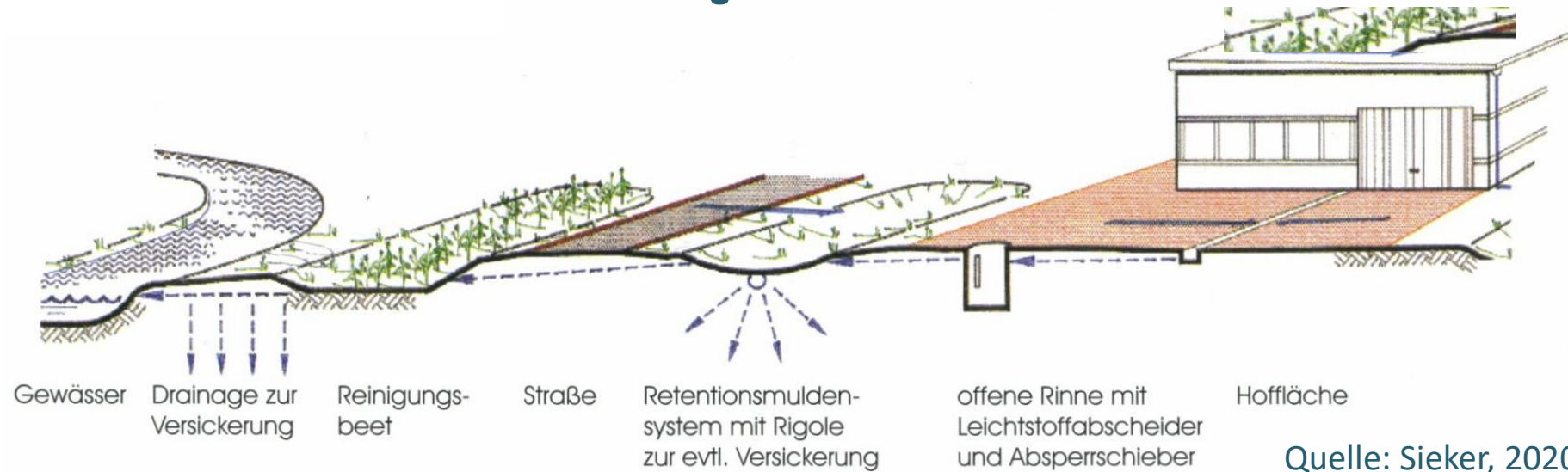


<https://www.webscada.nl/reconnect/measures-new/#!/filters>

Maßnahmen → Strategien



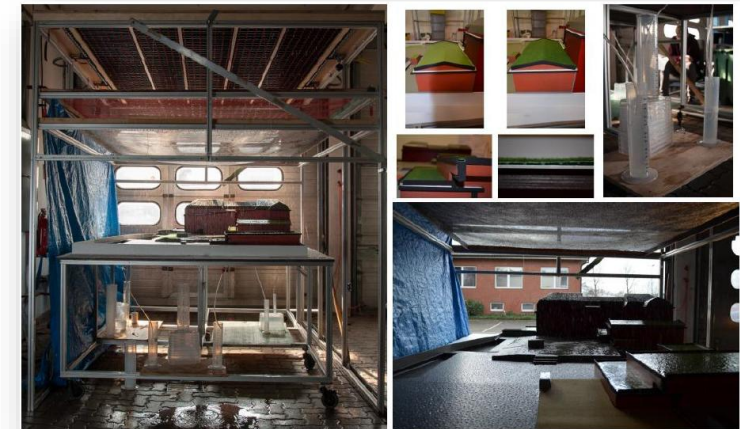
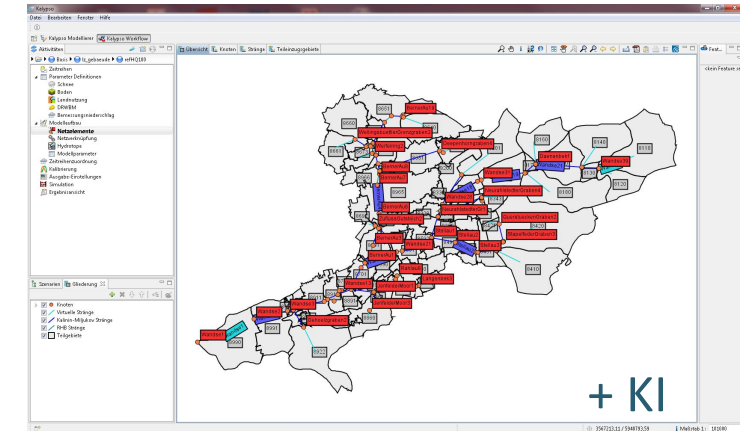
Wie sollen die Maßnahmen kombiniert werden?



Maßnahmen → Schwammstadt Strategien

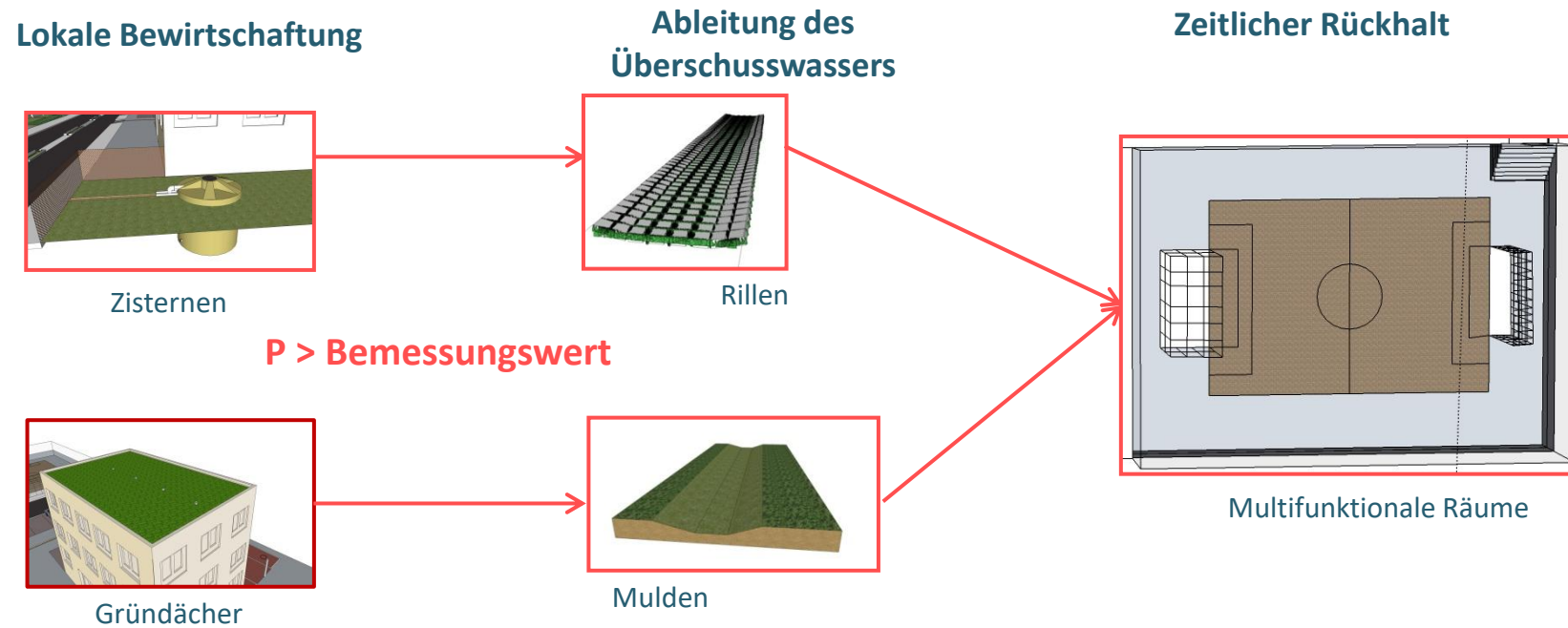
- Prozesse bzw. System verstehen
- Prozesse bzw. System abbilden
- System entwerfen und umsetzen
- Überwachung → Unterhaltung
- Evaluieren/ Bewerten

Werkzeuge



Mathematische Modelle

- Maßnahmen

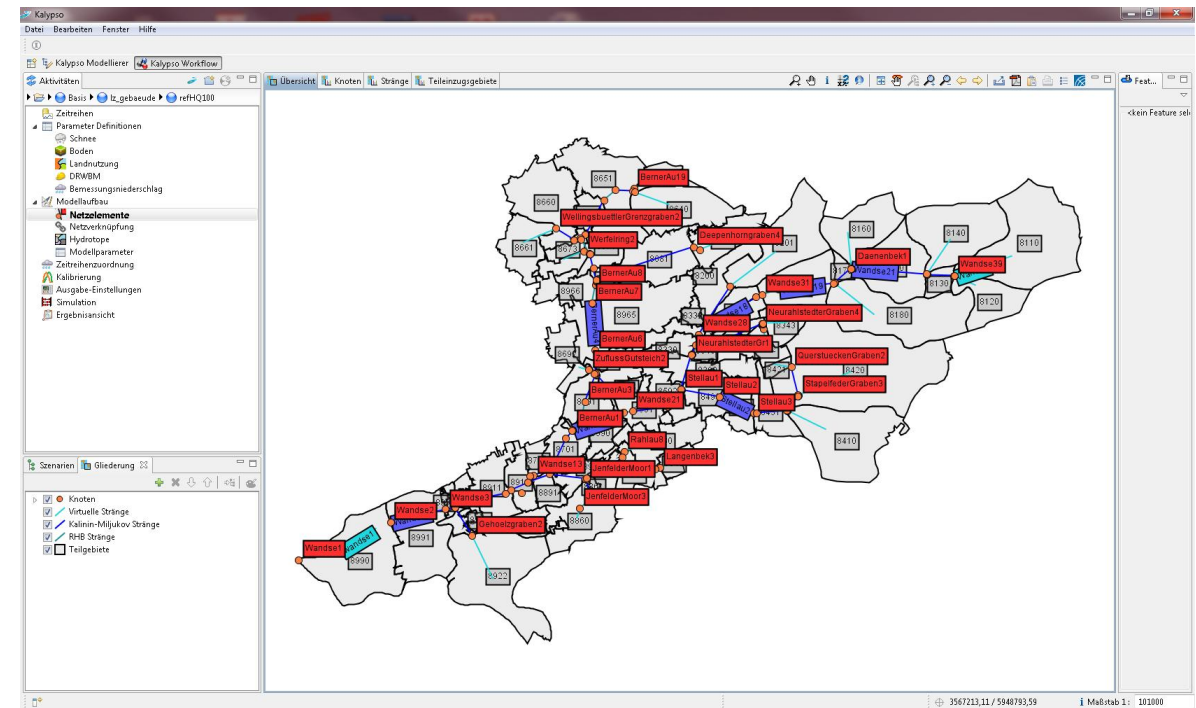
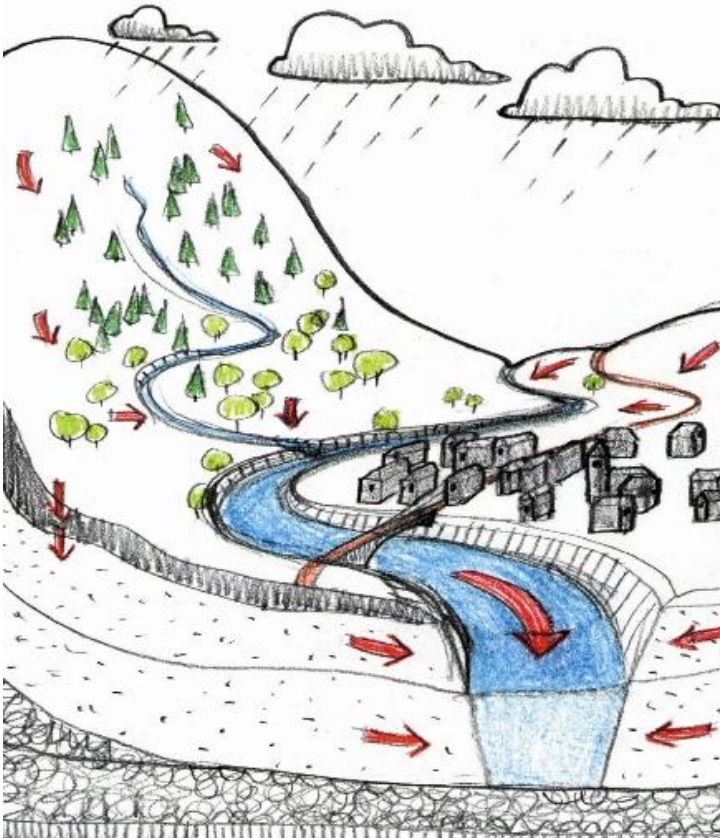


Hellmers et al., 2013

Mathematische Modelle- Hydrologie

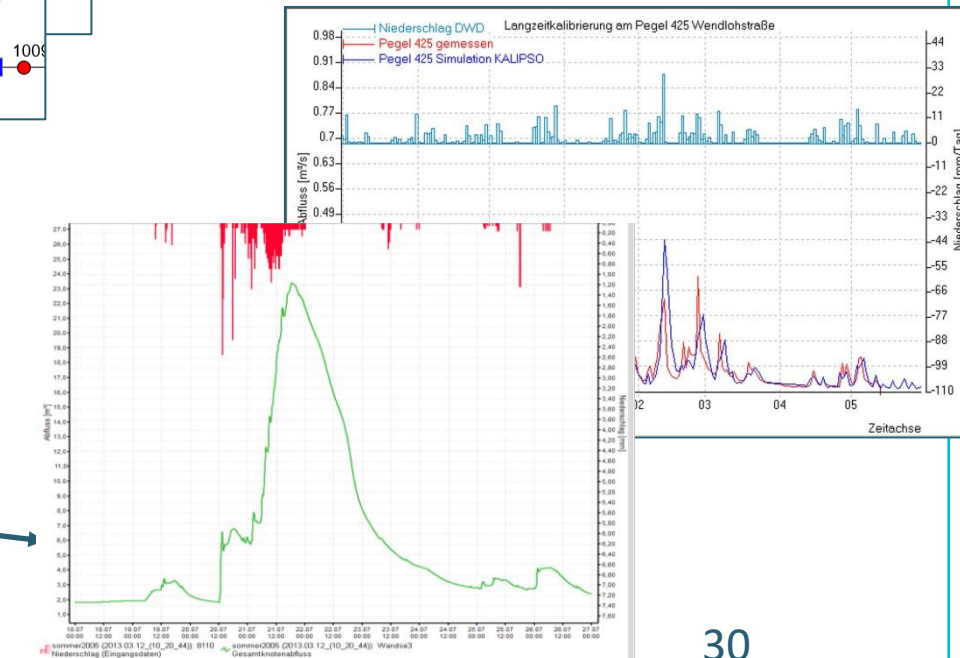
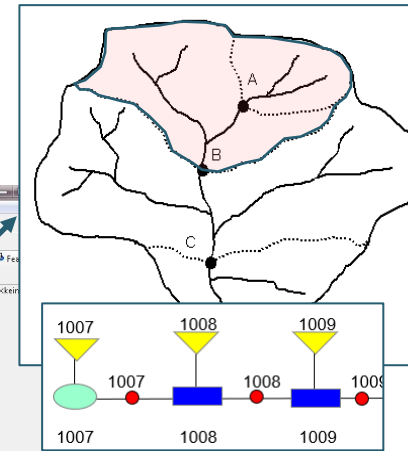
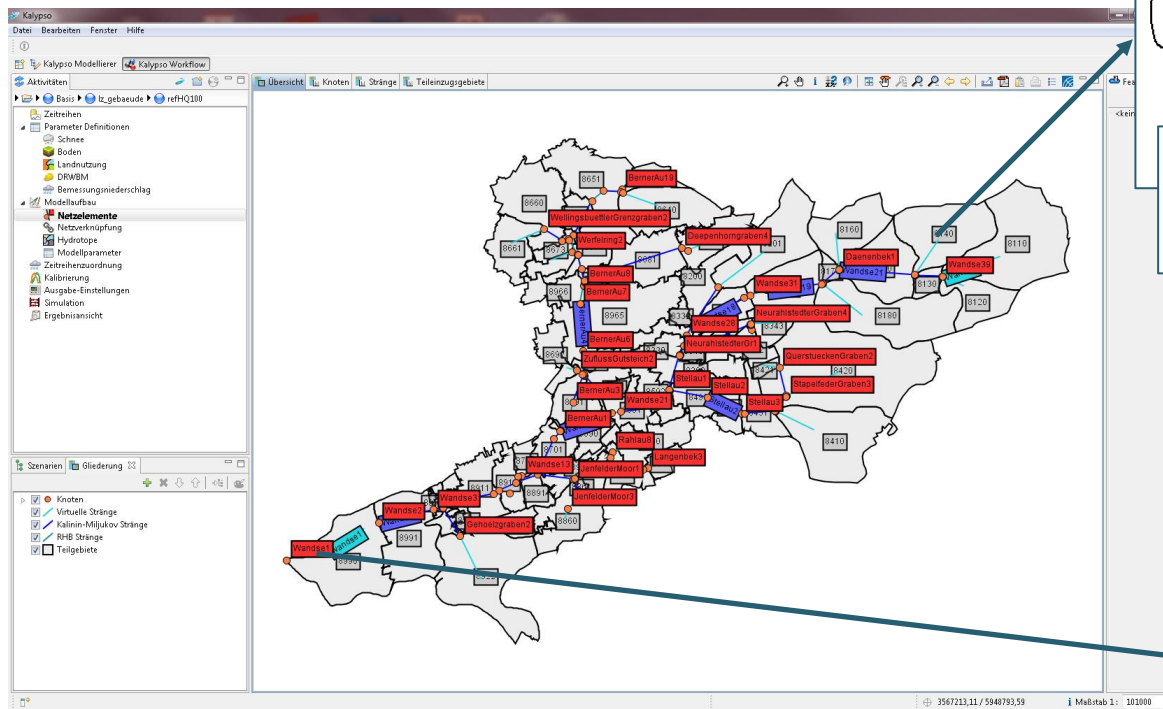
Wasserhaushalt:

$$P = Q + E + /-\Delta S$$

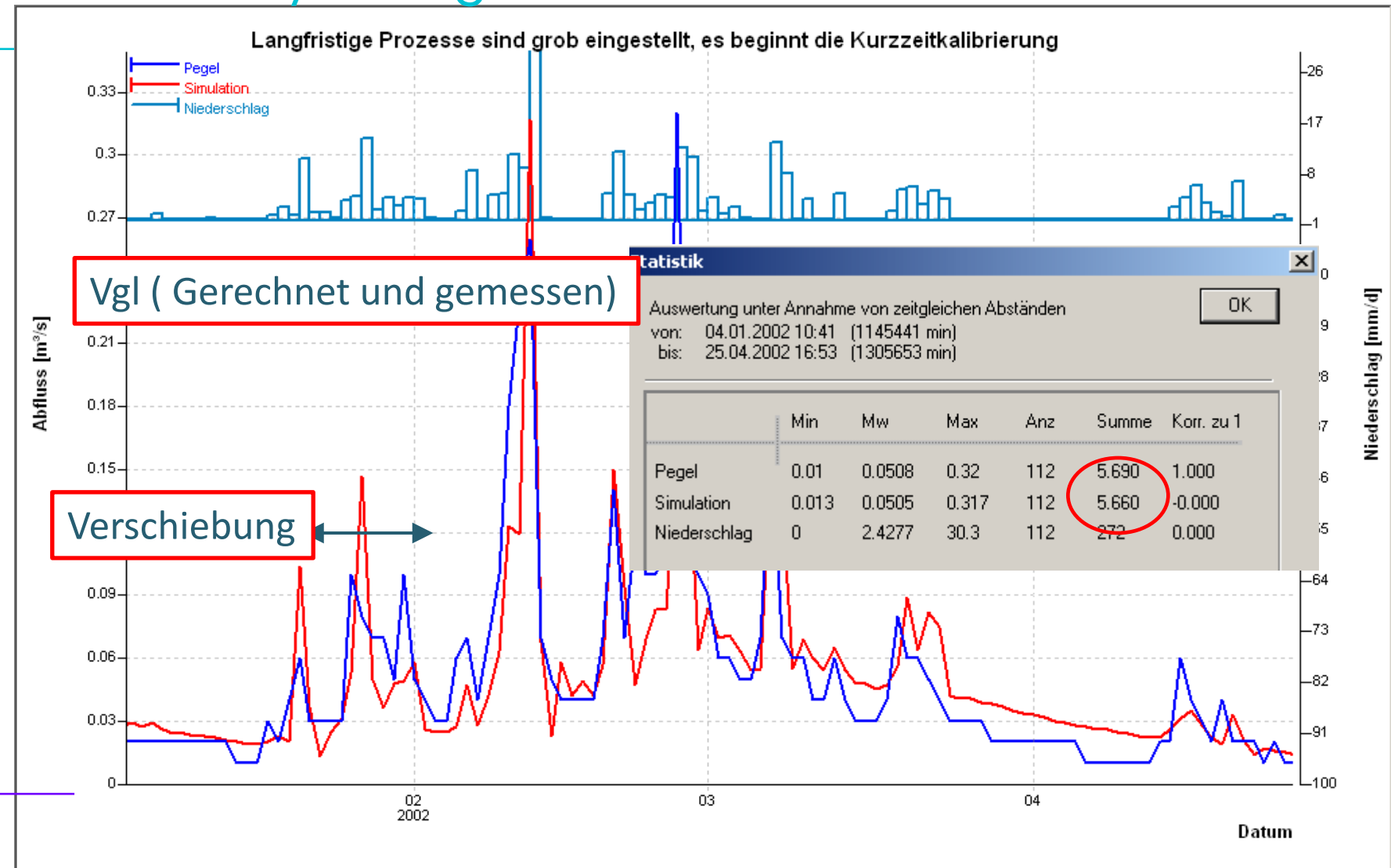


Mathematische Modelle- Hydrologie

Kalypso Software- Planner Client



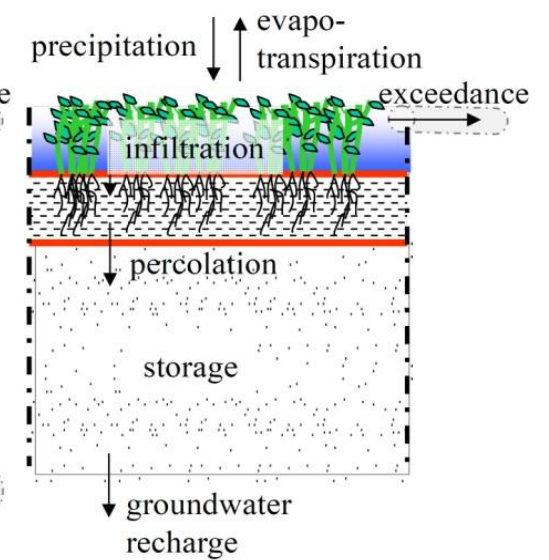
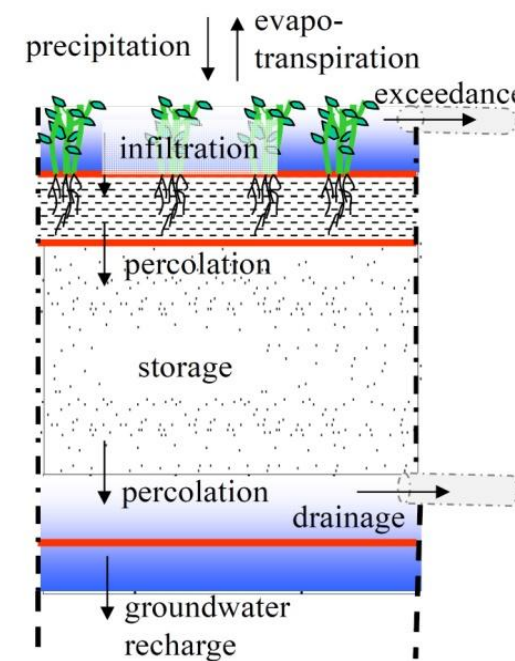
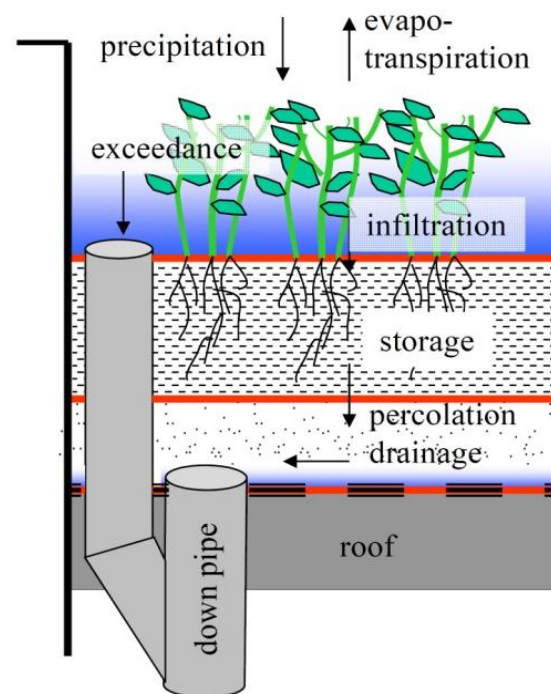
Mathematische Modelle- Hydrologie



Eingangsdaten für Hydraulische Modellierung

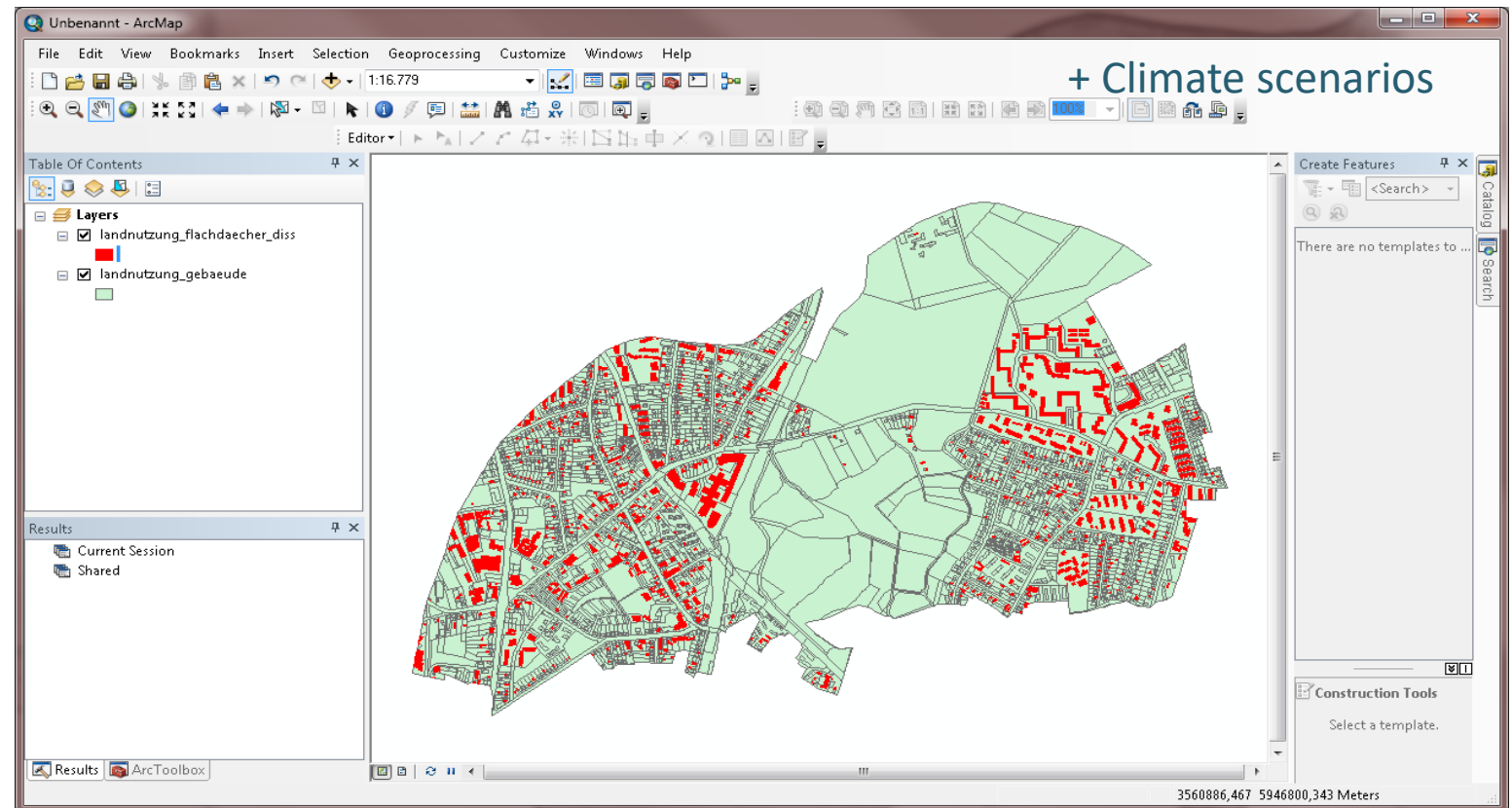
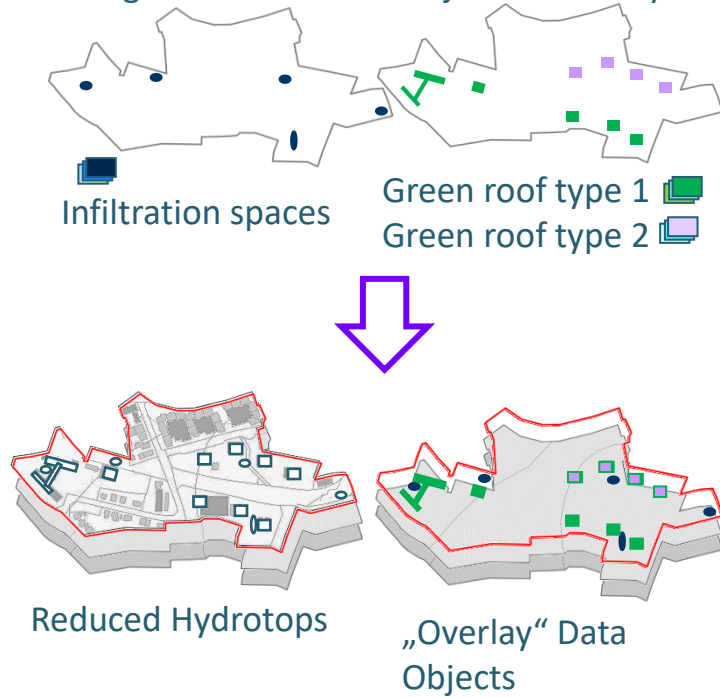
Mathematische Modelle- Physikalische Betrachtung

Gründach, Mulden

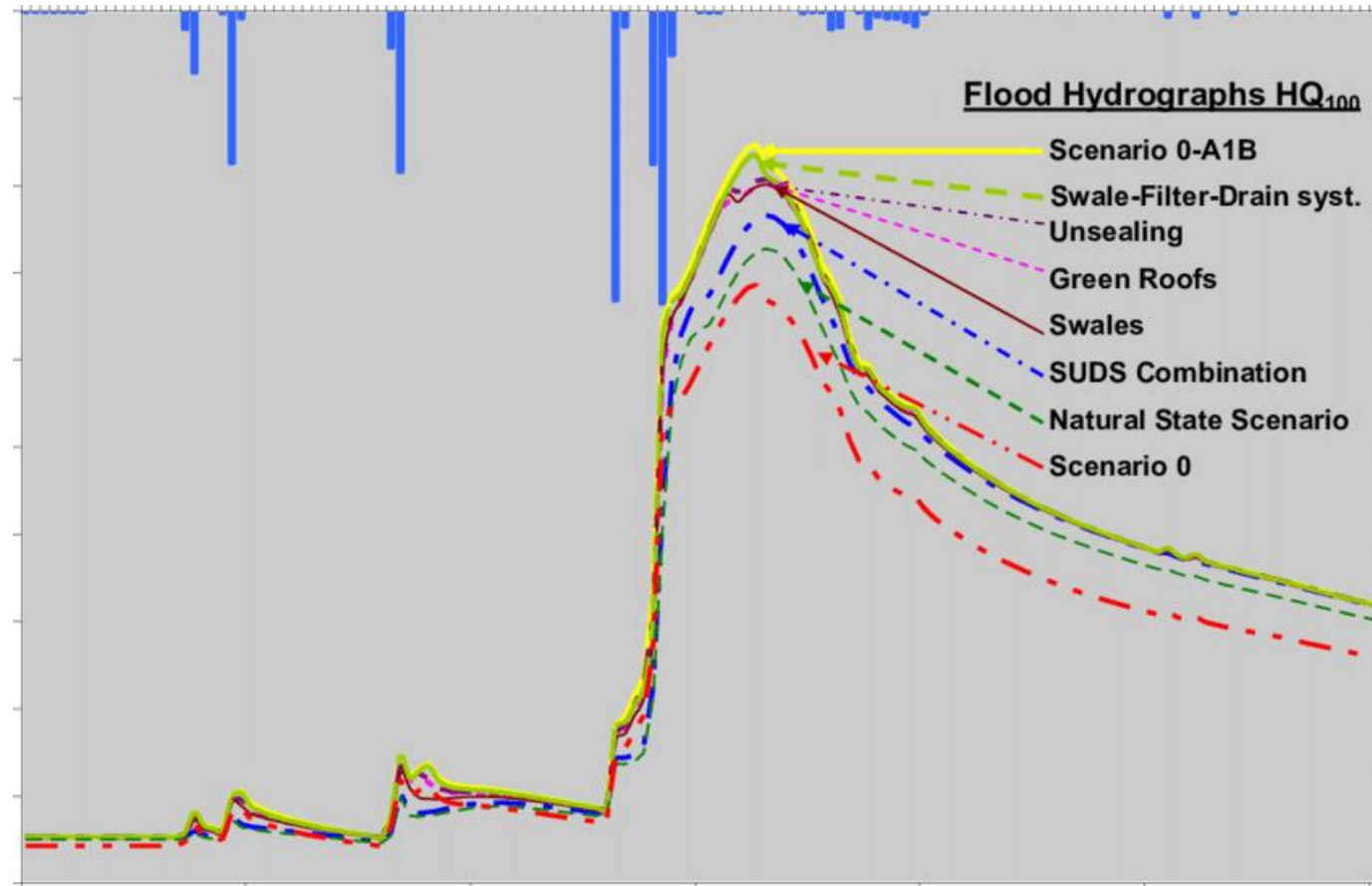


Mathematische Modelle- Schwammstädte

Using Local Scale Data Objects: “Overlays”

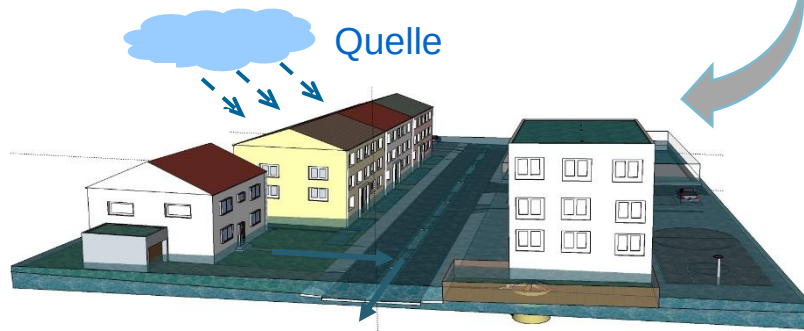
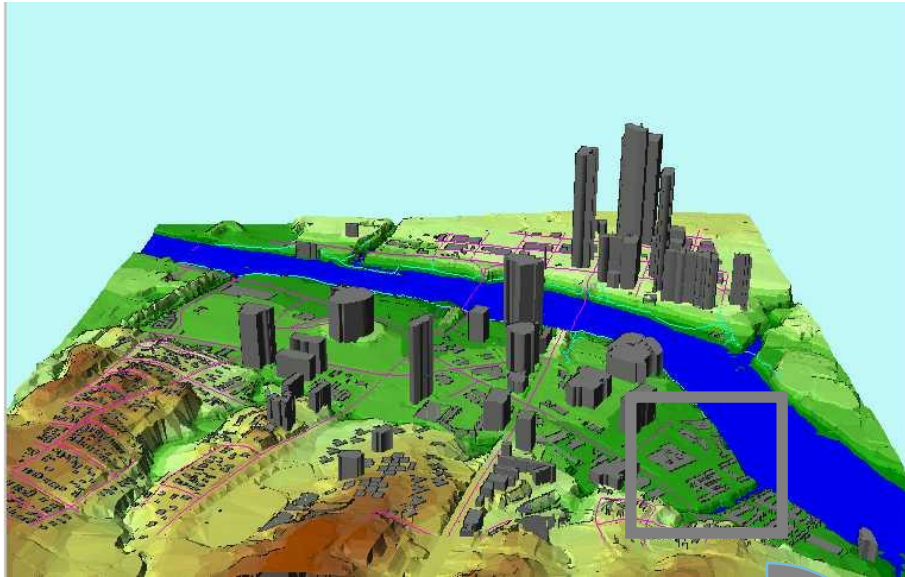


Mathematische Modelle- Schwammstädte

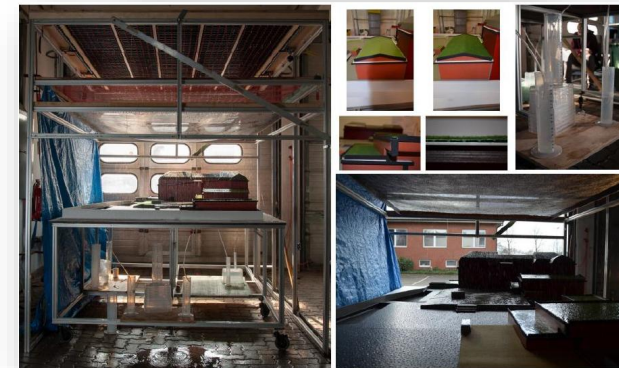


Abflussminderung mit und ohne Maßnahmen

Physikalische Modelle



Physikalische Modelle



(Quelle: Hellmers et. al., 2015)

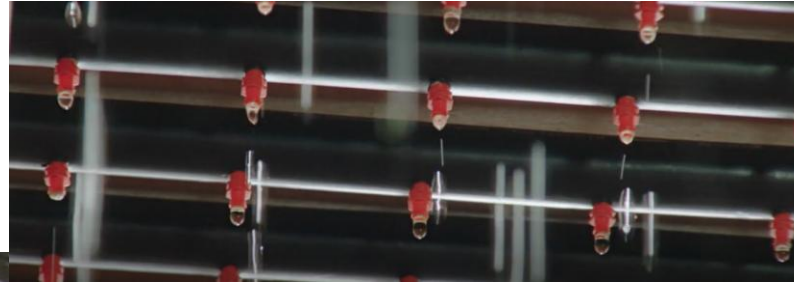
Physikalische Modelle

Regensimulator



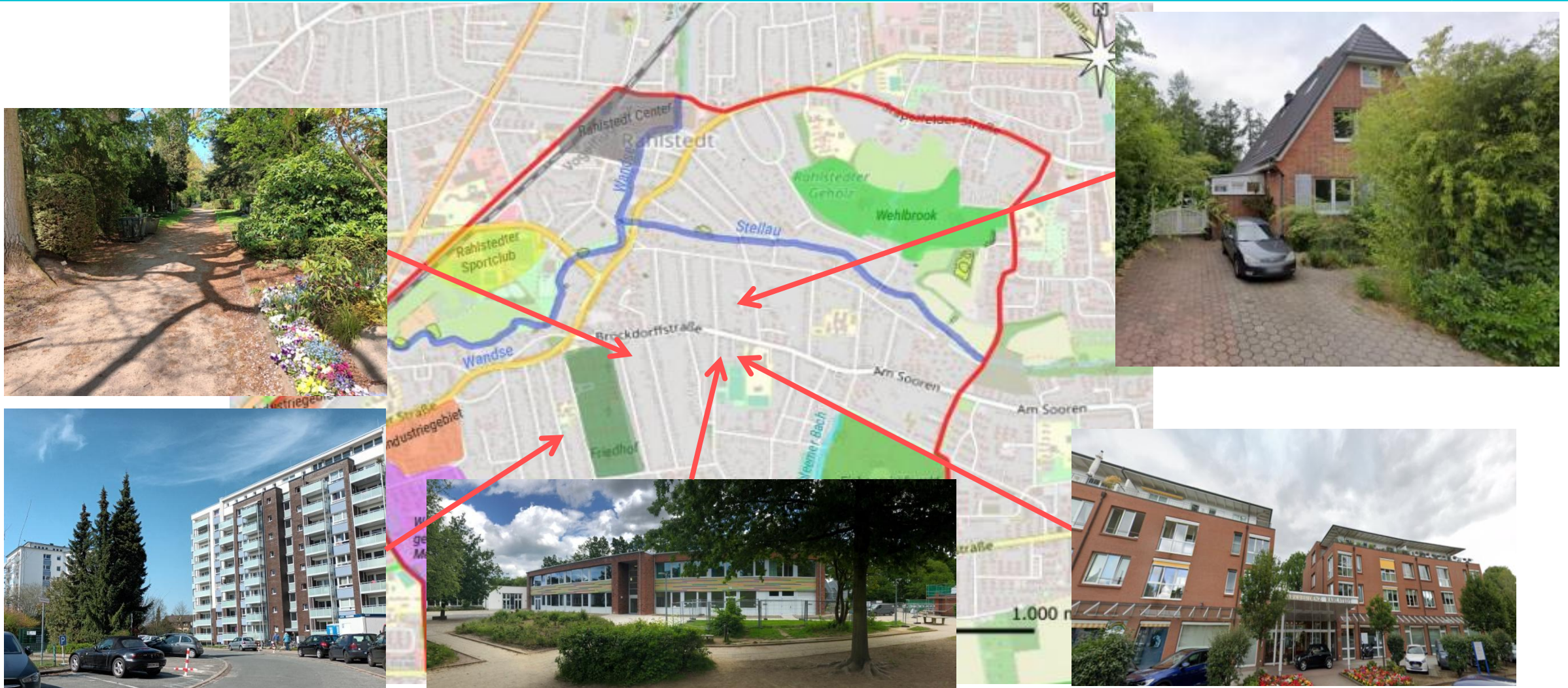
Maßnahmen- Gründachmodell

TUHH

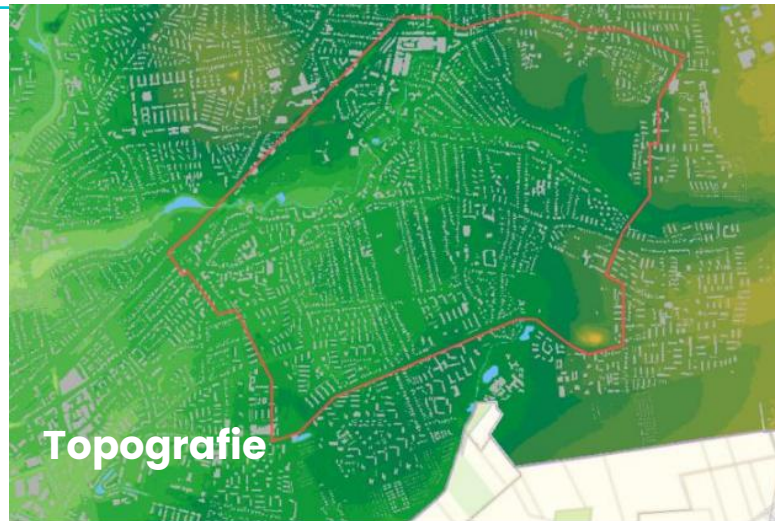


<https://www.ardmediathek.de/video/die-maus/sachgeschichte-klima-folge-6-leben-mit-dem-wandel-mit-gebaerdensprache/wdr/Y3JpZDovL3dkci5kZS9CZWl0cmFnLTljNjA4NWl0LTUxZjMtNDIzYy1hYjM0LTFFODVkn2MyOGVmNw?isC hildContent>

Datenbeispiele



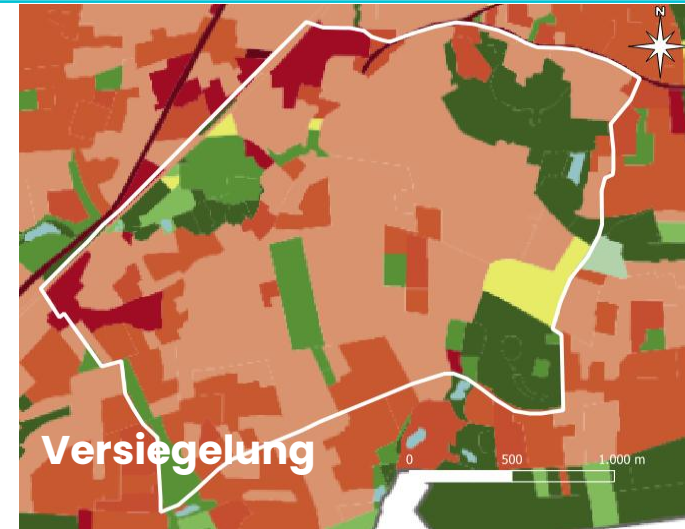
Datengrundlage



■ 200 Gebäudefläche, keine Höhen vorhanden
■ -20 Gewässerfläche, keine Höhen vorhanden

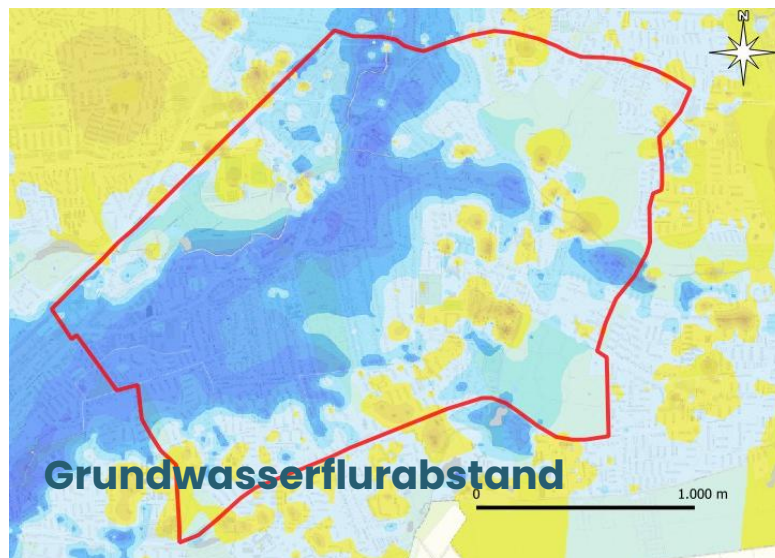
Höhe in m ü. NHN
(DE_DHHN2016_NH)

-15 bis -2.5
-2.5 bis 0
0 bis 2.5
2.5 bis 5
5 bis 7.5
7.5 bis 10
10 bis 12.5
12.5 bis 15
15 bis 17.5
17.5 bis 20
20 bis 22.5
22.5 bis 25
25 bis 27.5
27.5 bis 30
30 bis 32.5
32.5 bis 35
35 bis 37.5
37.5 bis 40
40 bis 42.5
42.5 bis 45
45 bis 47.5
47.5 bis 50
50 bis 52.5

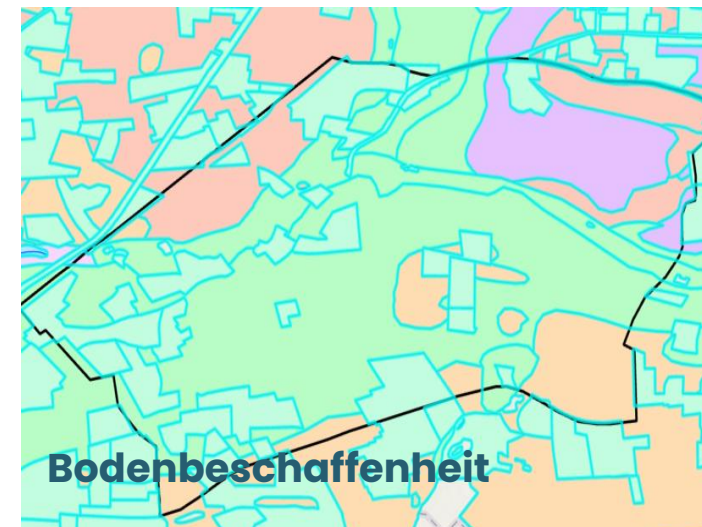


Versiegelungsklasse
Versiegelungsgrad

Gewässer	0
0 - 10%	1
10 - 20%	2
20 - 30%	3
30 - 40%	4
40 - 50%	5
50 - 60%	6
60 - 70%	7
70 - 80%	8
80 - 90%	9
90 - 100%	10



■ 0 bis 1,0 m
■ 1,0 bis 2,0 m
■ 2,0 bis 3,0 m
■ 3,0 bis 4,0 m
■ 4,0 bis 5,0 m
■ 5,0 bis 7,0 m
■ 7,0 bis 10 m
■ 10 bis 15 m
■ 15 bis 20 m
■ 20 bis 25 m
■ 25 bis 30 m
■ 30 bis 50 m
■ 50 bis 100 m
■ Gewässerfläche



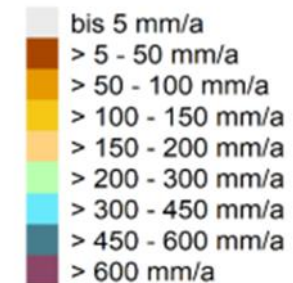
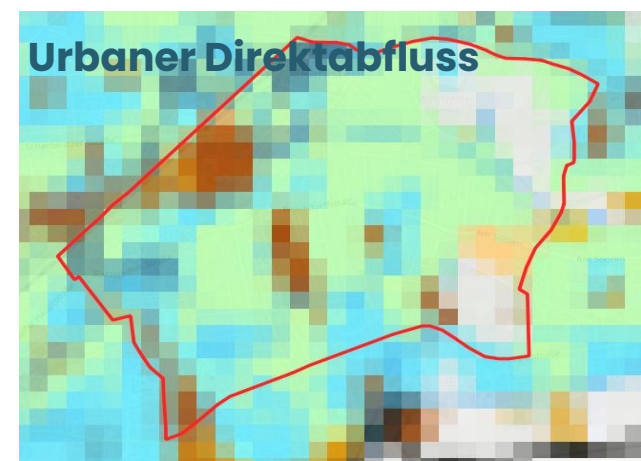
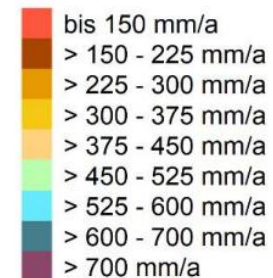
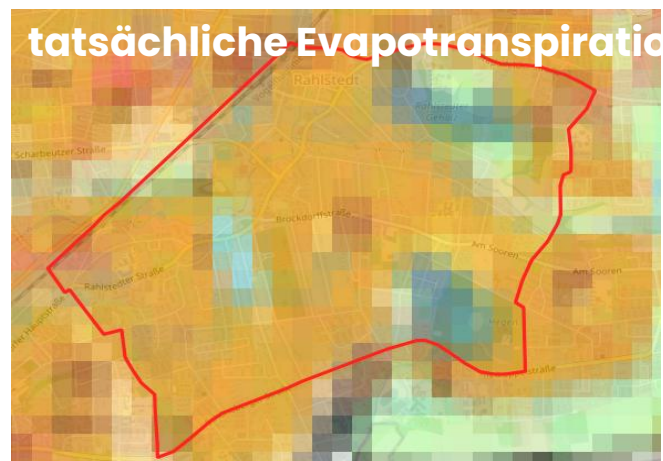
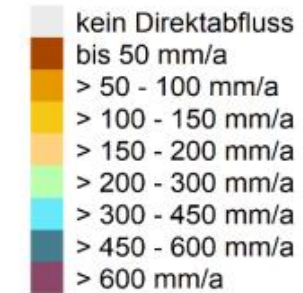
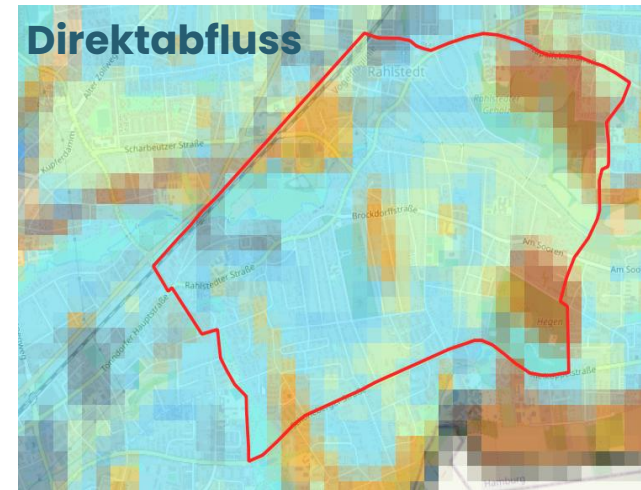
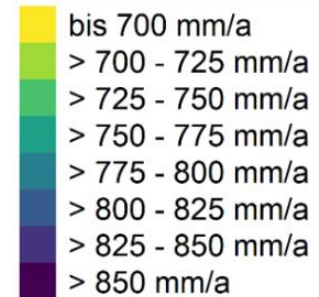
Quelle: Geoportal Hamburg

Datengrundlage

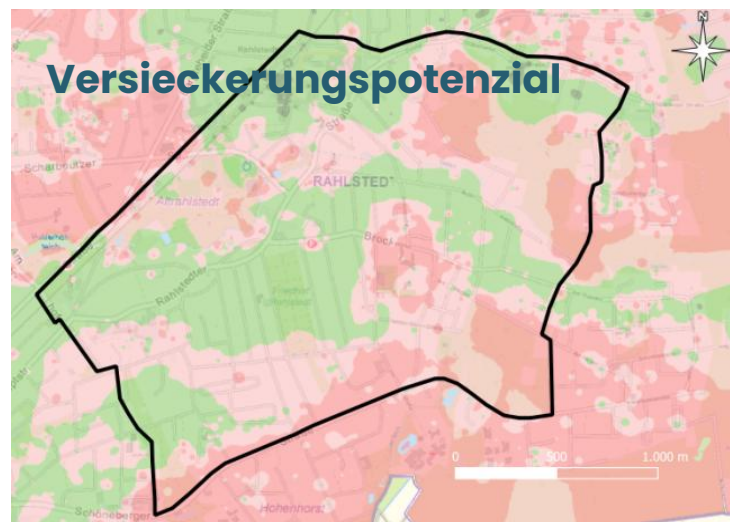
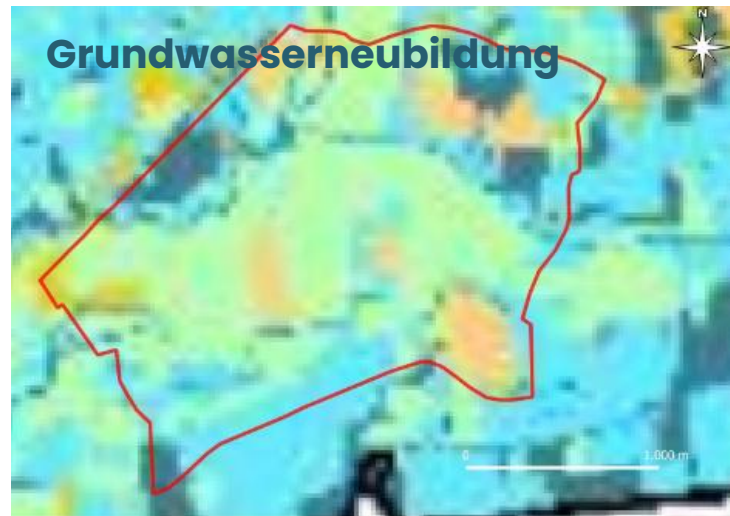


TUHH

WASSERBAU
River and Coastal Engineering



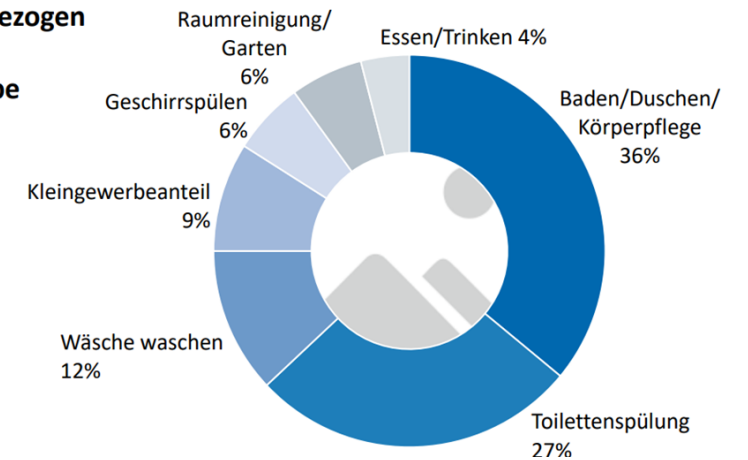
Quelle: (mGROWA Modell/
Studie)



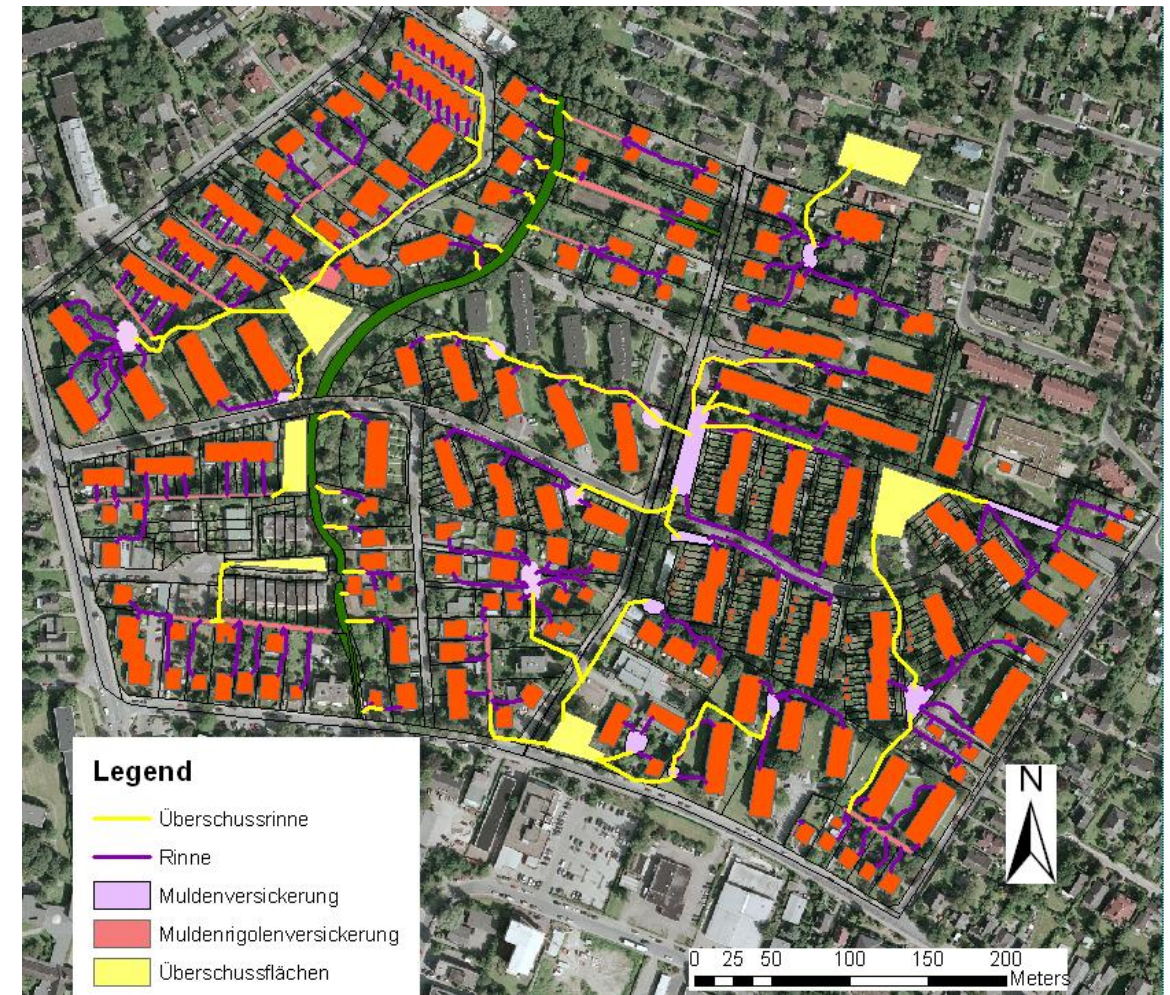
Trinkwasserverwendung im Haushalt 2023

Durchschnittliche Anteile bezogen auf die Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe

Insgesamt
121 Liter/Person/Tag



Maßnahmen- Anpassungsfähigkeit



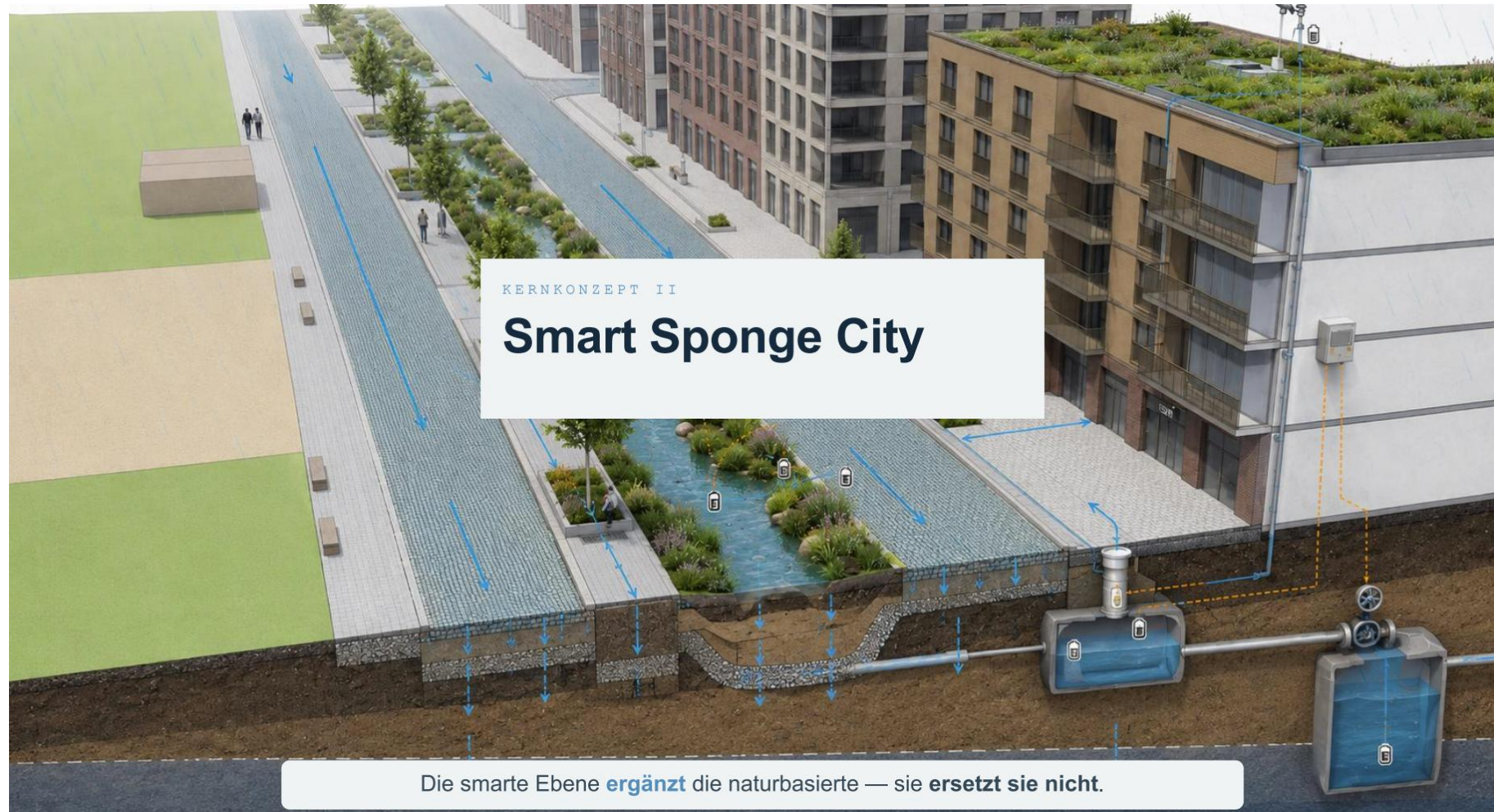
Maßnahmen- Design



© Hospen

Maßnahmen- Design





ÜBERBLICK

Sensorik und digitaler Zwilling

Ein erster Überblick: die eingesetzten Sensoren und der digitale Zwilling, der ihre Daten zusammenführt.

Sensorik vor Ort



Windgeber



Niederschlagssensor



Oberflächentempersensor



Bodenfeuchtheitsmesser



Bodentemperaturmesser



Strahlungsschutzhütte

Digitaler Zwilling

EBENE 5

Nutzt die Daten der Ebene 4 für eine Simulation

EBENE 4

Sammelt alle Daten aus Ebenen 0-3 (über Sensoren, das IoT, angeschlossene Geräte...), um verschiedene Systeme und Dienste zu verwalten und zu steuern

EBENE 3

Waren- und Personenverkehr in der Stadt

EBENE 2

Grundlegende physikalische Strukturen + räumliche Organisation dieser Strukturen und Komplexe

EBENE 1

Gebäude, die in der Stadt derzeit zu finden sind (BIM, vom „bäti immobilier modellisé“ - modellierte Immobilien)

EBENE 0

Boden + grundlegende Informationen über die Stadt

**EBENE 5:**

VIRTUELLER DIGITALER ZWILLING

EBENE 4:

VIRTUELLE SMART CITY

EBENE 3:

MOBILITÄT

EBENE 2:

INFRASTRUKTUR

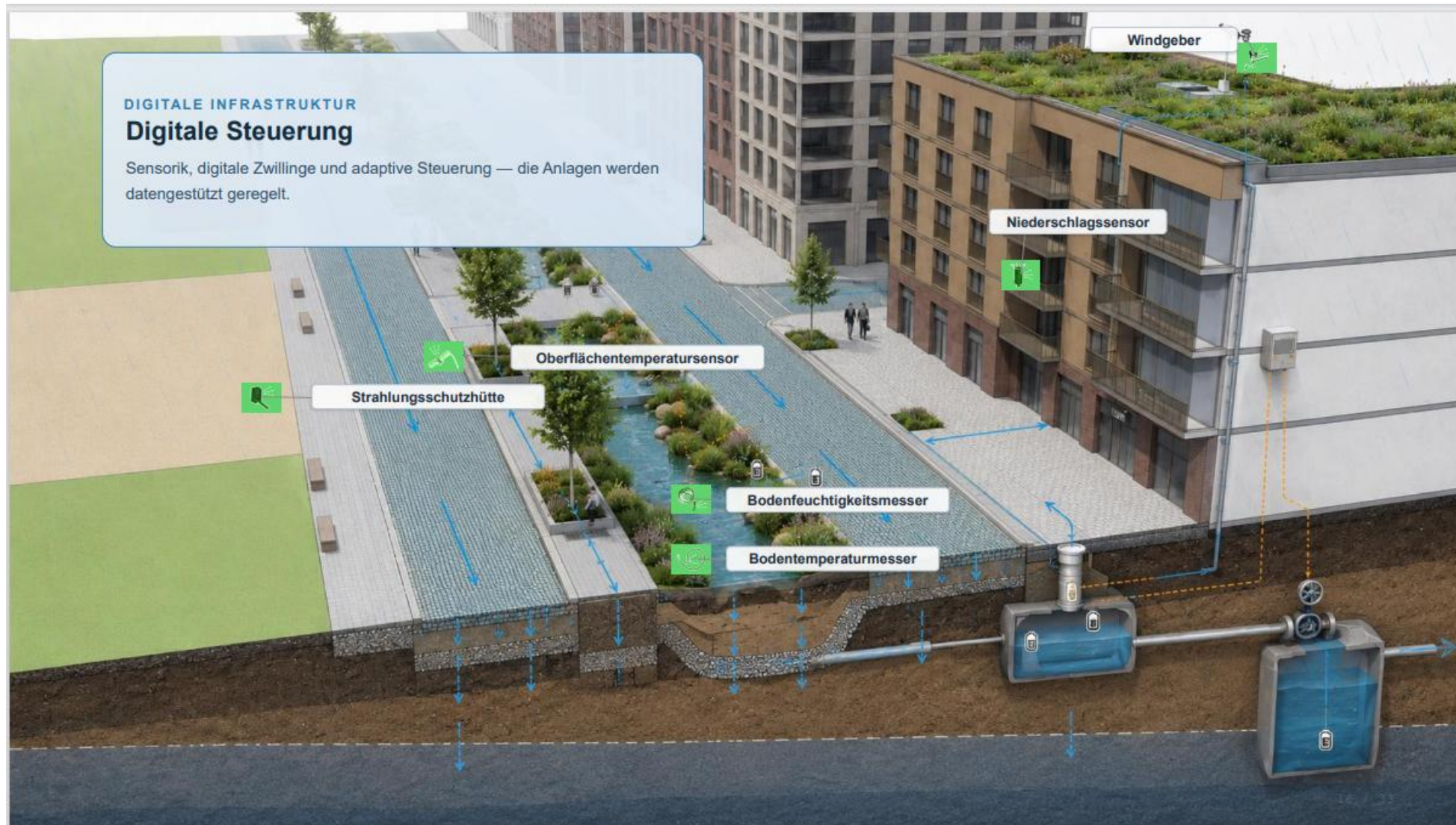
EBENE 1:

GEBÄUDE

EBENE 0:

BODEN

Smart Schwammstädte

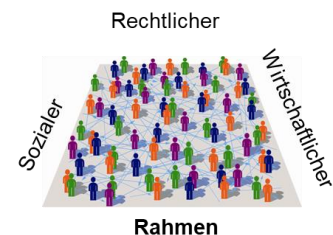


Menschen involvieren

CLEVER CITY HAMBURG

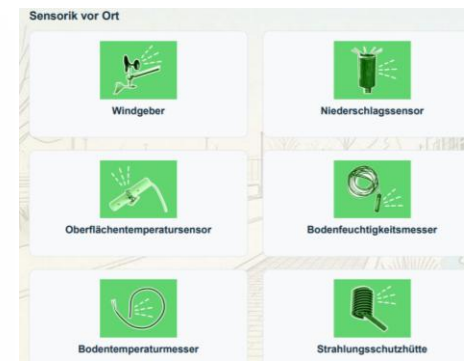
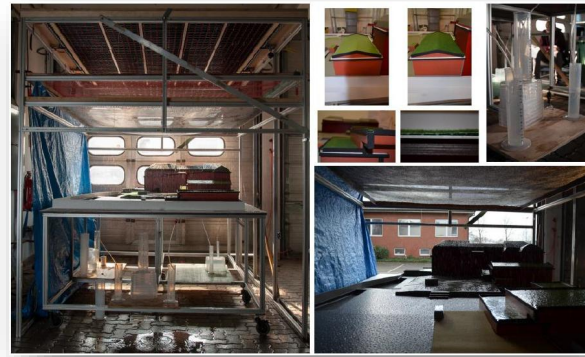
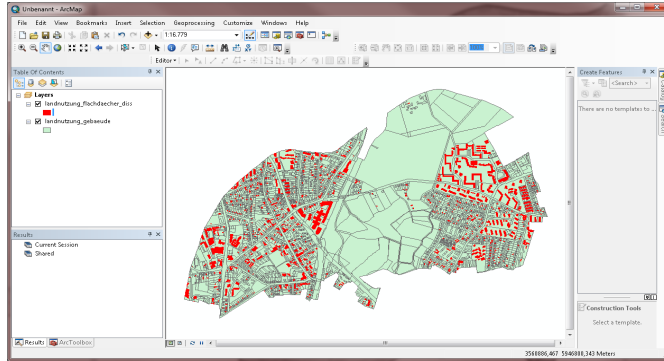


CAL 3: SCHOOLYARDS

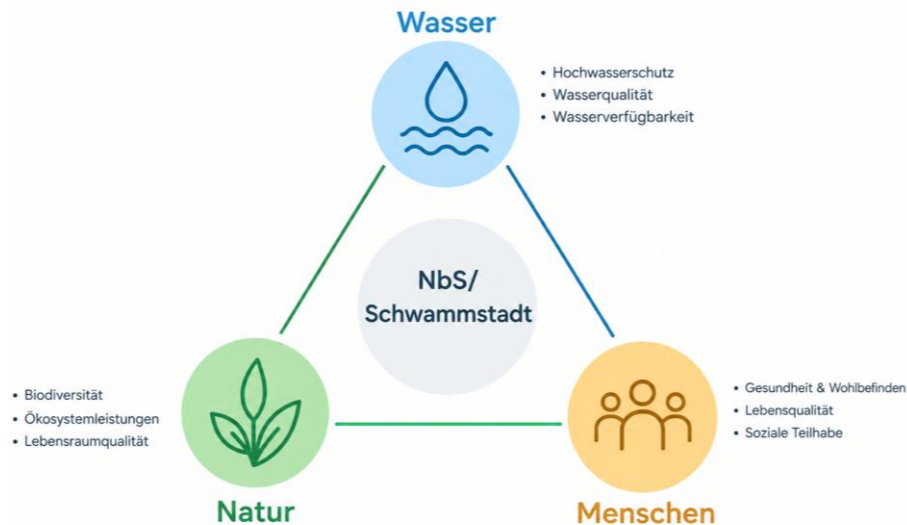


Bewertung/ Evaluation

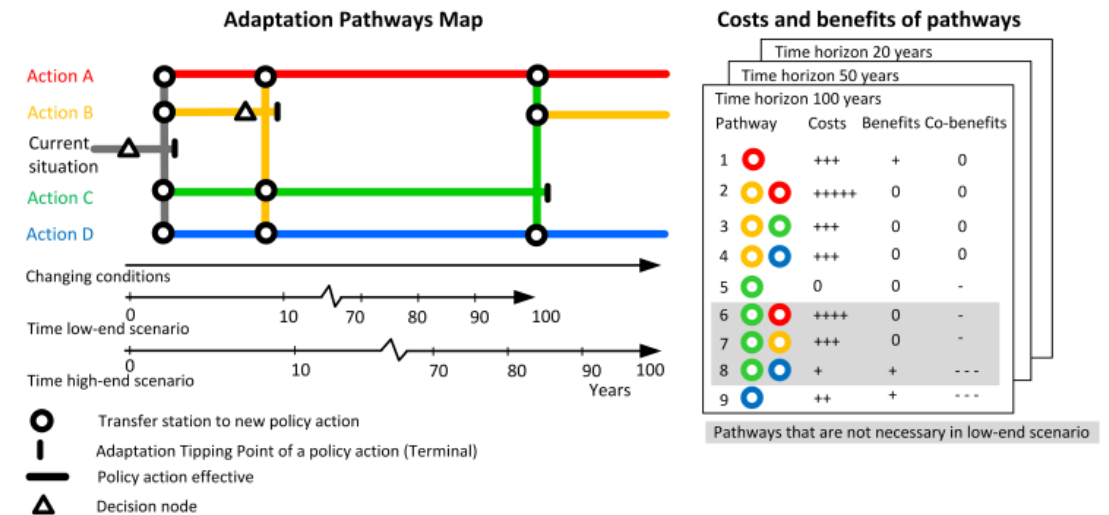
Daten



Bewertung



Bewertung der Anpassungsfähigkeit



Artificial Intelligence for Flood Resilient Infrastructure

ARTIFACT

Artificial Intelligence for Flood Resilient Infrastructure



ARTificial Intelligence for Flood Resilient Infrastructure



Funded by
the European Union

Funded by the European Union
under Horizon Europe Programme
Grant Agreement 101159480

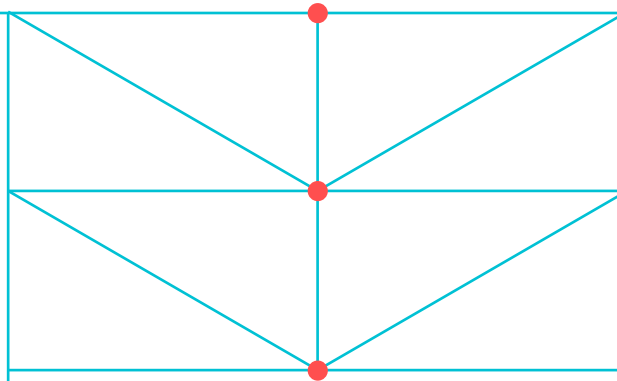
ARTIFACT

- ARTIFACT ist ein Horizon-Europe-Projekt
- eine Initiative zur Integration von naturbasierten Lösungen und künstlicher Intelligenz (KI) in die Stadtplanung, um zukünftigen Hochwasserrisiken zu begegnen.
- EU-Projektpartner sind die Technische Universität Delft (TU Delft), das Delft Institute for Water Education (IHE Delft) und die Technische Universität Hamburg (TUHH).

- Schwammstädte als Zukunftskonzept für einen nachhaltigen Umgang mit hydrometeorologischen Risiken
- Physikalische, mathematische und digitale Werkzeuge sind erforderlich, um
 - das urbane System zu verstehen,
 - relevante Prozesse zu überwachen,
 - Anpassungsstrategien zu bewerten und
 - darauf aufbauend zukunftsorientierte Entscheidungen zu treffen.
- Ziel:
- Wohlergehen von Menschen und Natur fördern
- Anpassungsfähigkeit der Städte an die Folgen des Klimawandels stärken

TUHH
Technische
Universität
Hamburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering



Dr.-Ing. Natasa Manojlovic
Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

