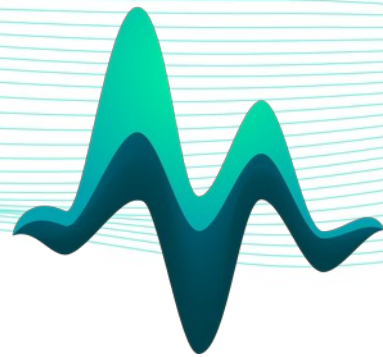




DigiWaVe

Wasserwiederverwendung zur Bewässerung urbaner Grünflächen

Vorstellung des Projekts DigiWaVe

Michael Stapf

Situation in Bad Oeynhausen

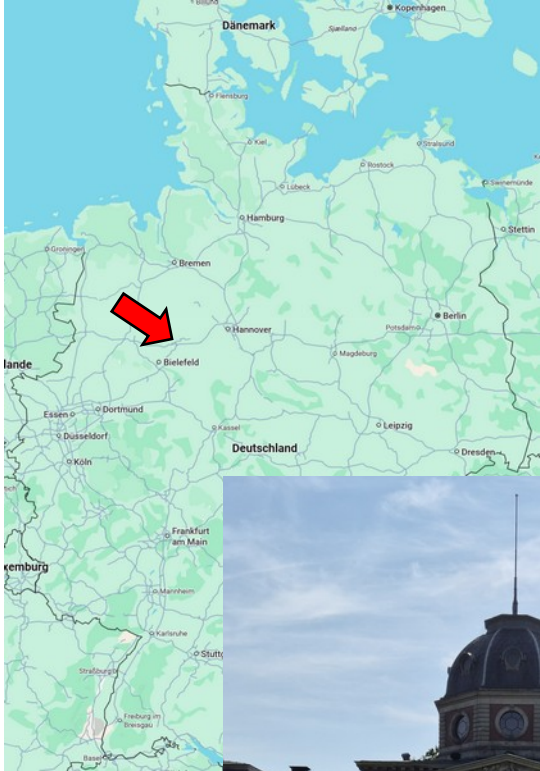


Photo Credit: M. Stapf

- Kurort mit ca. 50.000 Einwohner
- Stadt liegt fast vollständig im Heilquellenschutzgebiet
- Bei Hitzeperioden / langen Trockenzeiten
 - Baumfällungen wg. Trockenschäden
 - Teilweise Einschränkungen der Trinkwassernutzung



<https://www.stadtwerke-badoeynhausen.de/de/Trinkwasser/Wasserversorgung/>

➔ Wasserwiederverwendung als alternative Wasserquelle?

DigiWave-Projekt



Laufzeit: 09/2023 – 02/2026

Budget: 1.172 k€

Homepage: www.digiwave-project.org



KWB

xylem
Let's Solve Water



... und es läuft!

MASASANA
DEEPER LEARNING

:: SCHÖLZEL CONSULTING

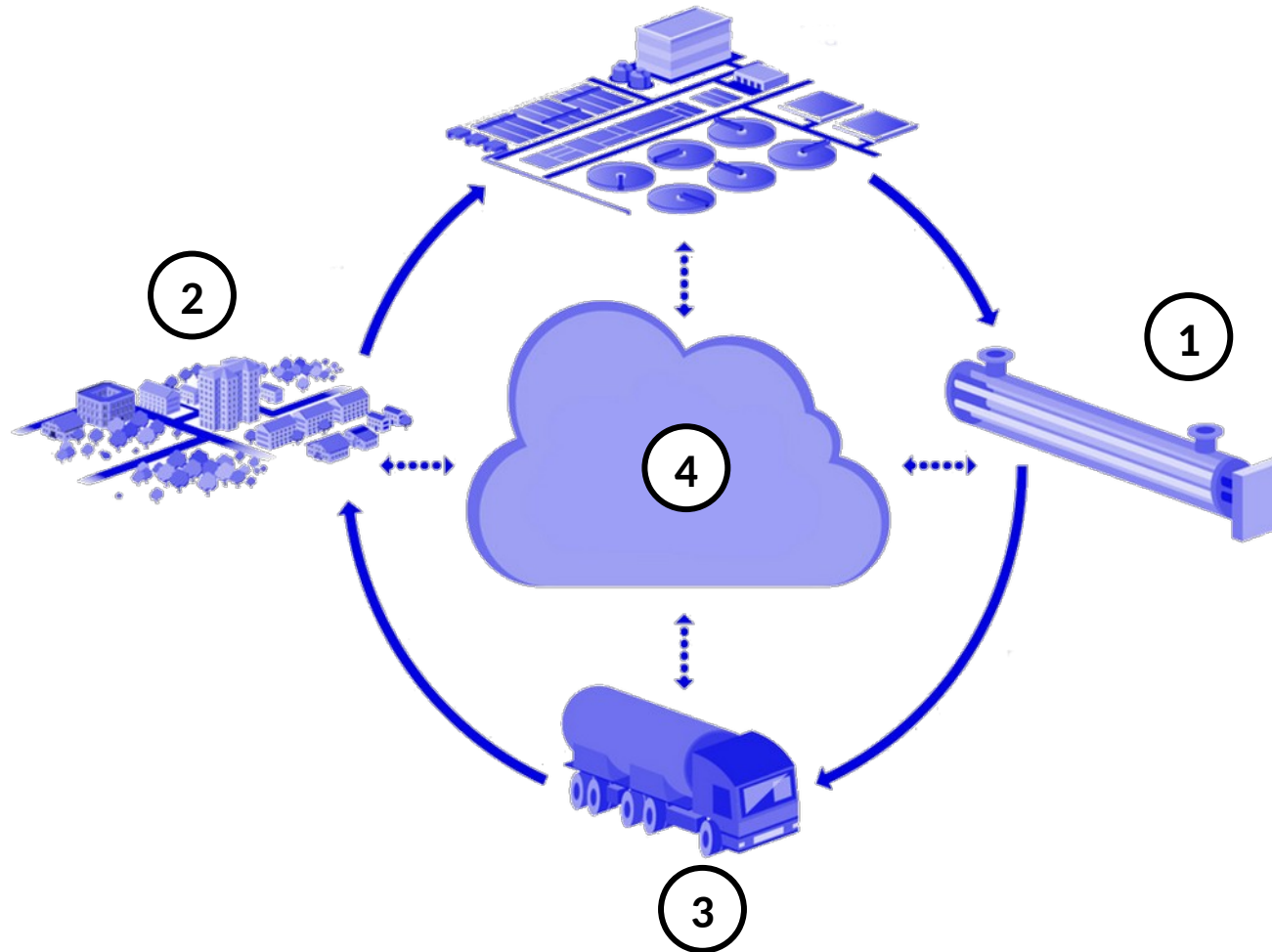
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Digital 
GreenTech

Digitale Unterstützung für die Wasserwiederverwendung

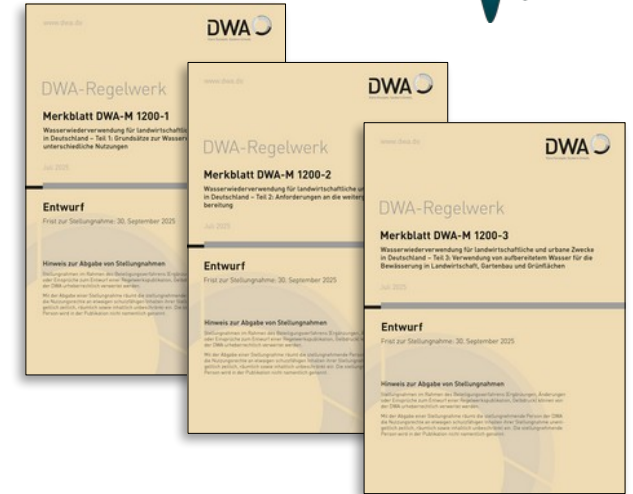


1. Wasserqualitätsprognose
2. Prognose für den Bewässerungsbedarf von städtischen Grünflächen
3. Automatische Routenplanung für Bewässerungsfahrzeuge
4. Cloubasiertes Datenmanagementsystem

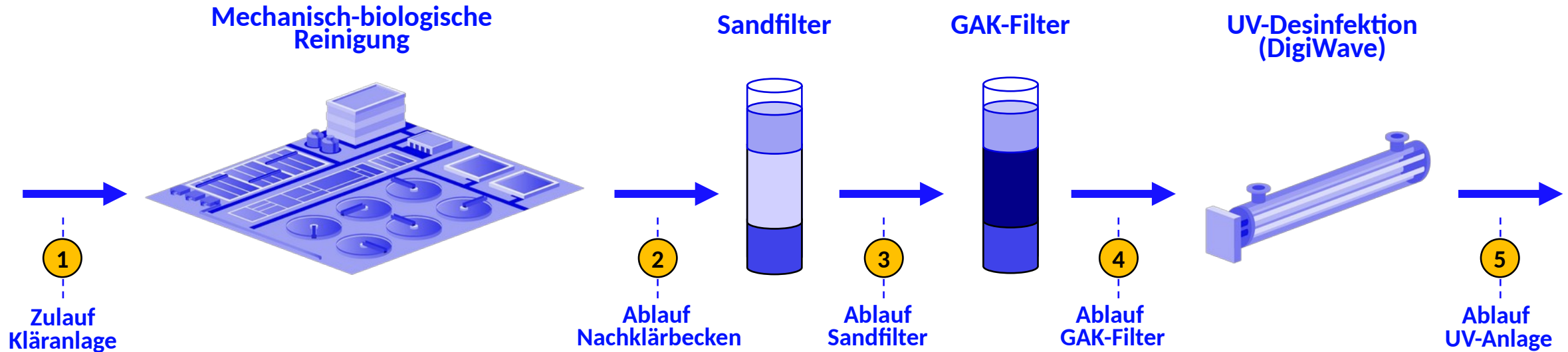
Aufbereitungsziele

Regulatorische Randbedingungen

- EU VO 2020/741 → Landwirtschaft
- DWA-M 1200 (Gelbdruck) → Landwirtschaft/Gartenbau + Landschaftsbau/Freiflächenpflege
- Bundes-Wasserwiederverwendungsverordnung – noch ausstehend



Aufbereitungskette und Messprogramm



Kläranlage

- Belastung: 63.000 E (Auslegung: 80.000 E)
- Im Mittel ca. 170 m³/h (max. ca. 600 m³/h)
- Vorgeschaltete Denitrifikation
- Eisen(II)-sulfat im Zulauf der Nachklärung

Mikrobiologisches Messprogramm

- Kläranlagenprozess
- UV-Desinfektion
- Sondermessungen
- Gesamte Verfahrenskette (Validierung)

UV-Anlage



Wasserqualität im Ablauf GAK

- Hohe UV-Durchlässigkeit (UVT: 70 – 83 %)
- Niedrige Trübung (Mittelwert = 0,5 NTU)

UV-Desinfektion (LBX90e, Xylem):

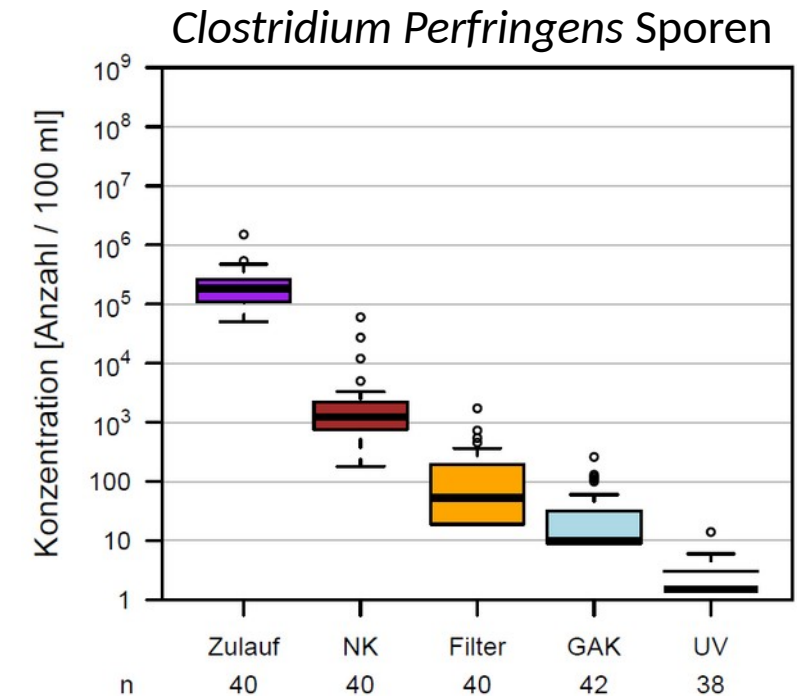
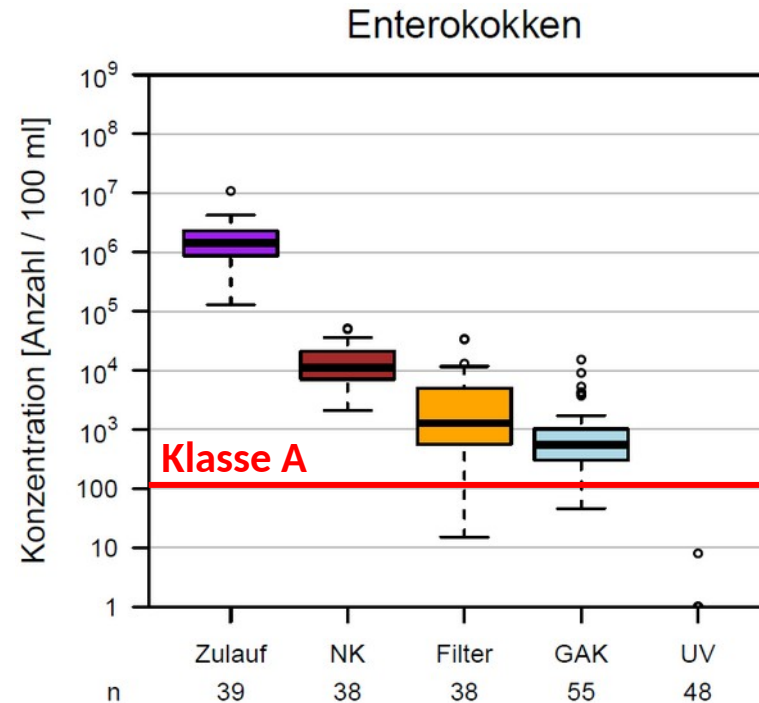
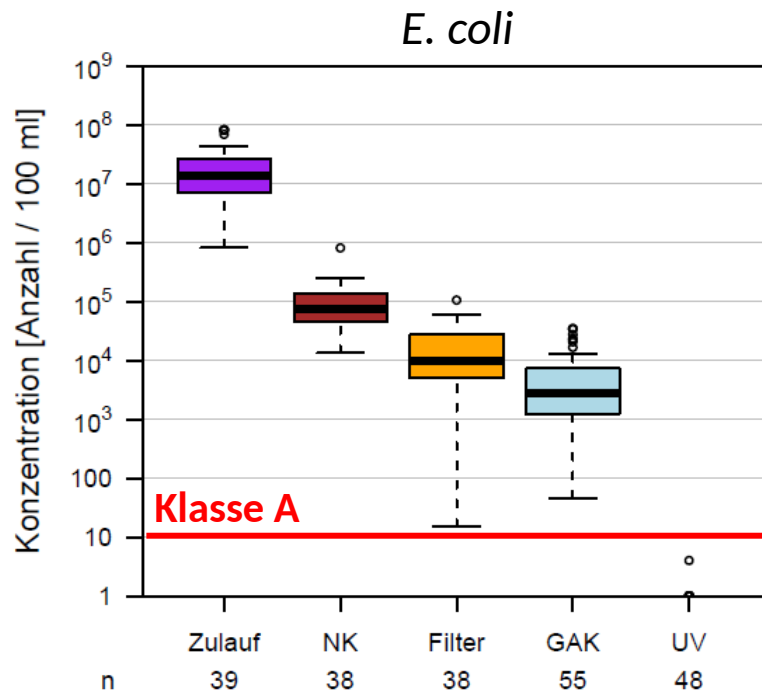
- 20 – 60 m³/h
- 4 x Niederdruckstrahler
- Variable Leistung (50 – 100%)
- UV-Intensitätsmessung + automatischer Wischer



UV-Dosis (MS2RED) in Betriebsphase:

- 270 – 440 J/m² (im Mittel $\approx$ 360 J/m²)

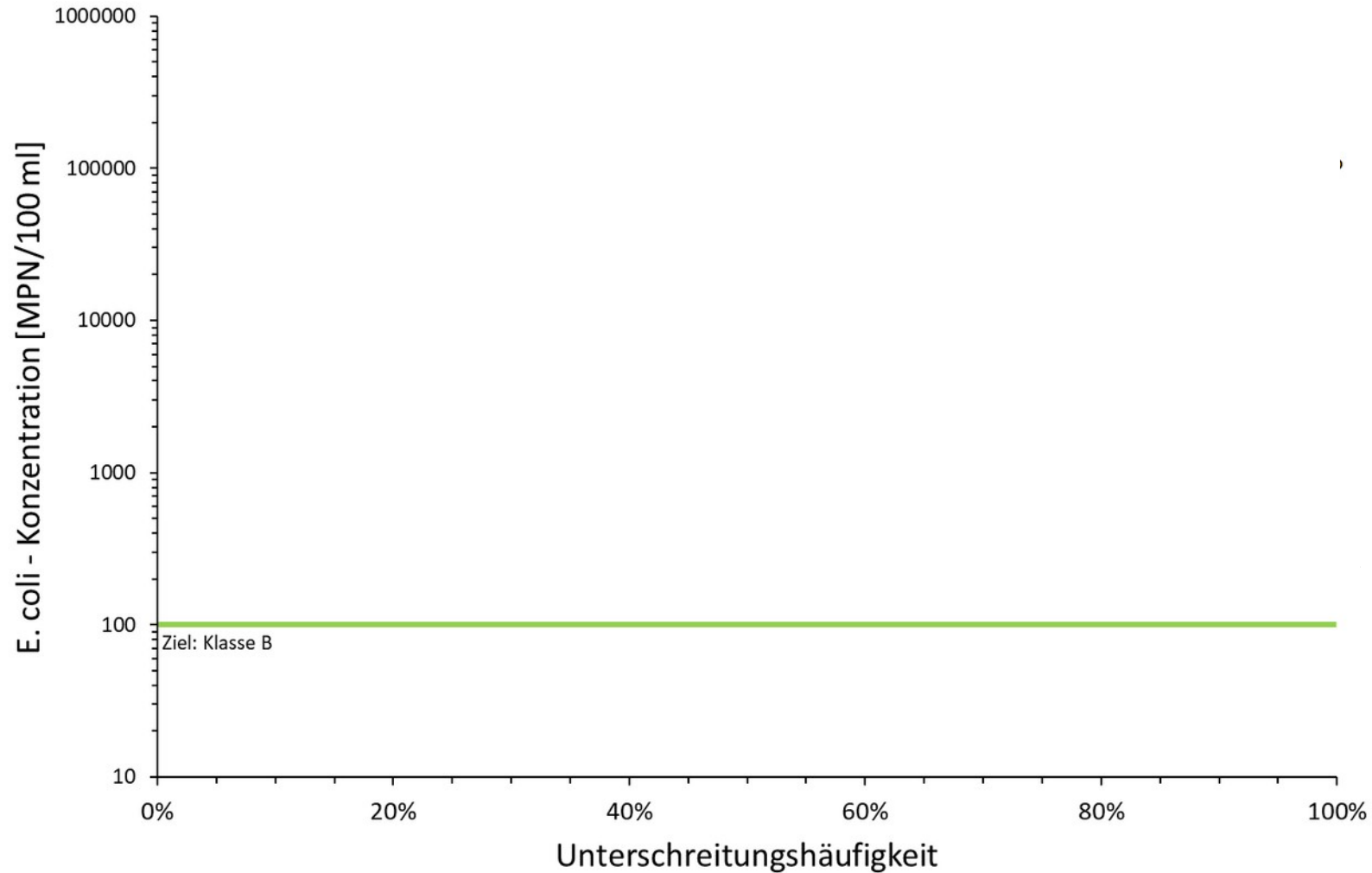
MiBi-Konzentrationen



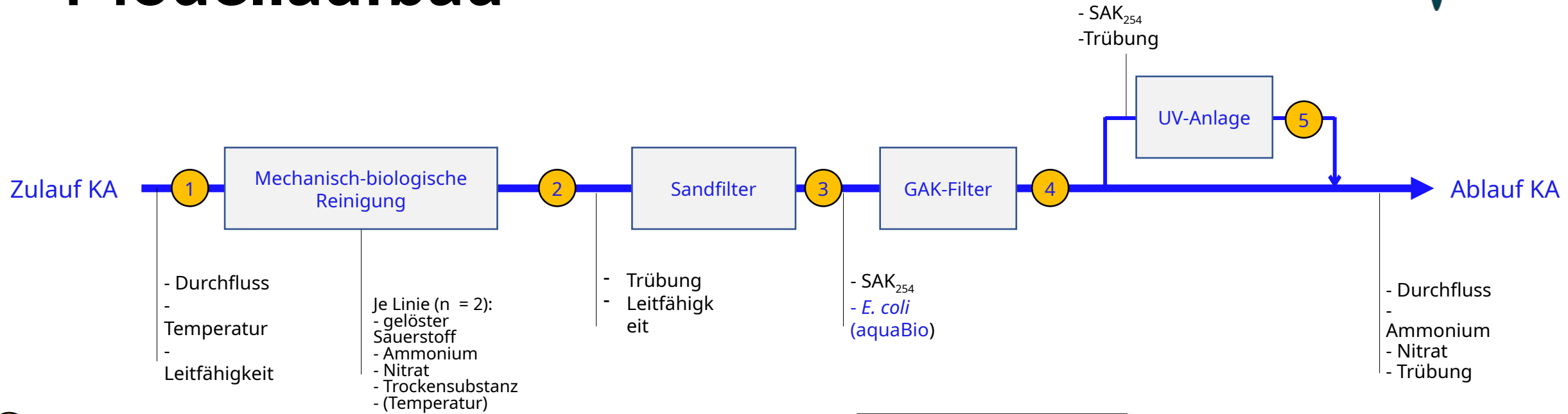
Im Ablauf der UV-Anlage:

- Überwiegend **nicht nachweisbar**: *E. coli*, Enterokokken und somatische Coliphagen
- In der Hälfte der Messungen noch **nachweisbar**: *Clostridium Perfringens* Sporen
- Arbeitssicherheit (**nicht nachweisbar**): *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella* spp., *Salmonella* spp.

Mikrobiologisches Prognosemodell: wozu?



Modellaufbau

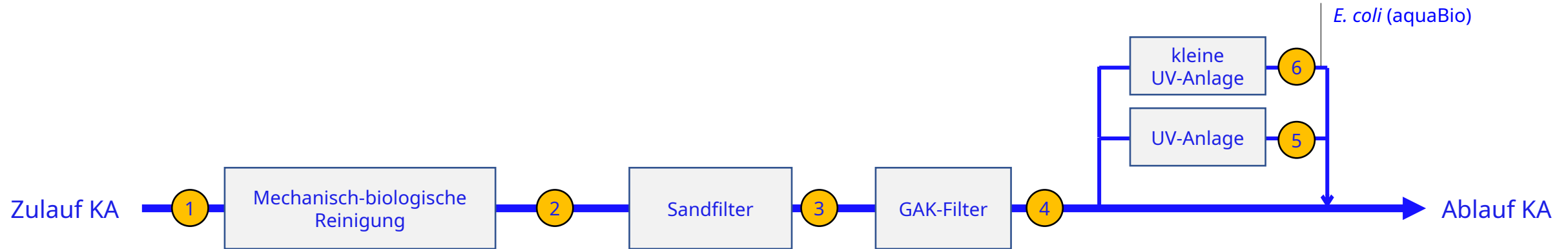


Probenahmestelle x

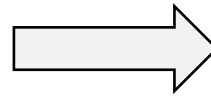
- Onlinemessungen der Kläranlage
- *E. coli* – Schnellmessgerät (aquaBio) →
- Labormessungen



Modellvalidierung



Regelbar



Nicht regelbar



Ergebnis

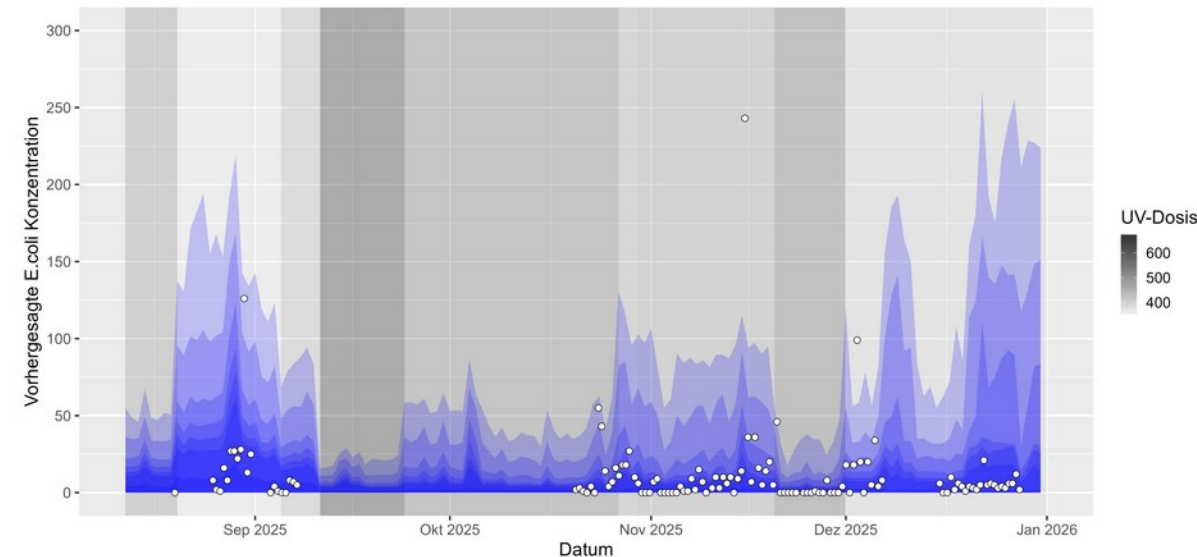
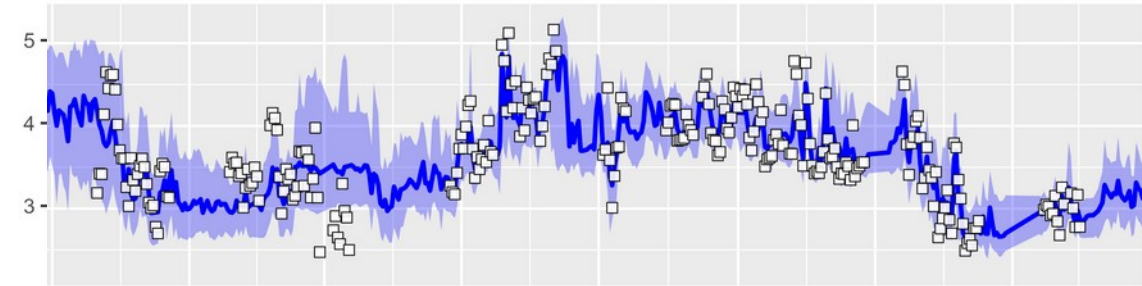


Modell

- 19 Variablen
- Quantile Random Forest (QRF)
- Einsparpotential: 20% niedrigere UV-Dosis
→ v.a. für große UV-Anlagen interessant
- Modell öffentlich verfügbar

Ausblick

- Übertragung auf andere Kläranlagen, Anwendungsgebiete (z.B. Badegewässer), Indikatororganismen



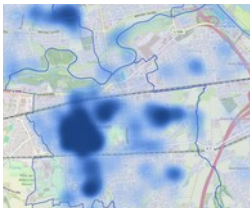
Vorgehen zur Wasserbedarfsprognose



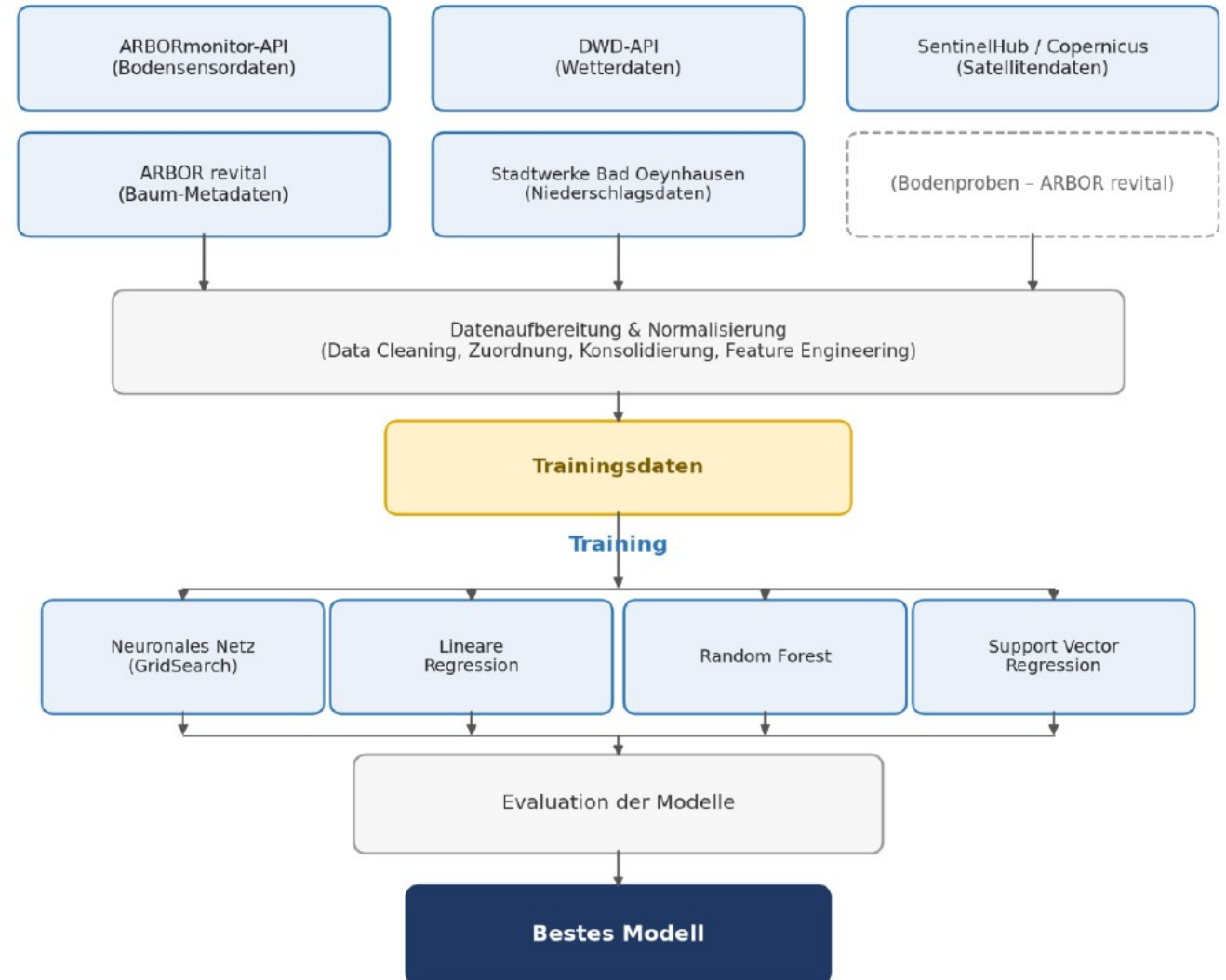
Öffentlich verfügbare
Daten



ML Modell zur Vorhersage
der Bodenfeuchte im
urbanen Kontext



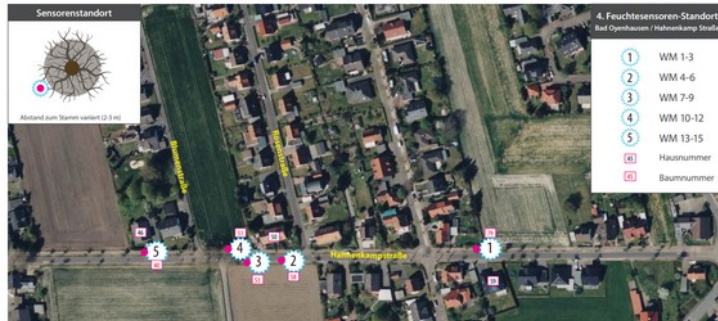
Ableitung eines stadtweiten
Wasserbedarfs (HeatMap)



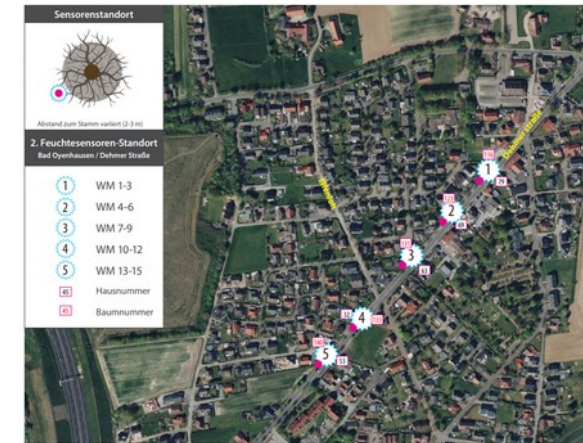
Standorte mit Bodenfeuchtesensoren



Übersichtsplan: Hahnenkamp Straße, 32549 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
04 Feuchtesensoren-Übersichtsplan (*Crataegus laevigata*)



Übersichtsplan: Dehmer Straße, 32547 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
02 Feuchtesensoren-Übersichtsplan (*Acer pseudoplatanus*)



Fluggrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023

Übersichtsplan: Ostkors, 32547 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
03 Feuchtesensoren-Übersichtsplan (*Tilia spec.*)



Fluggrundlage: Google Maps, Aufnahme: 18.12.2023

Übersichtsplan: Georgstraße, 32547 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
05 Feuchtesensoren-Übersichtsplan



Fluggrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023

Übersichtsplan: Steinstraße, 32547 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
01 Feuchtesensoren-Übersichtsplan (*Quercus robur*)



Fluggrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023

➔ Je 3 Tiefen:
30 / 60 / 90 cm

Training der Bewässerungsprognose

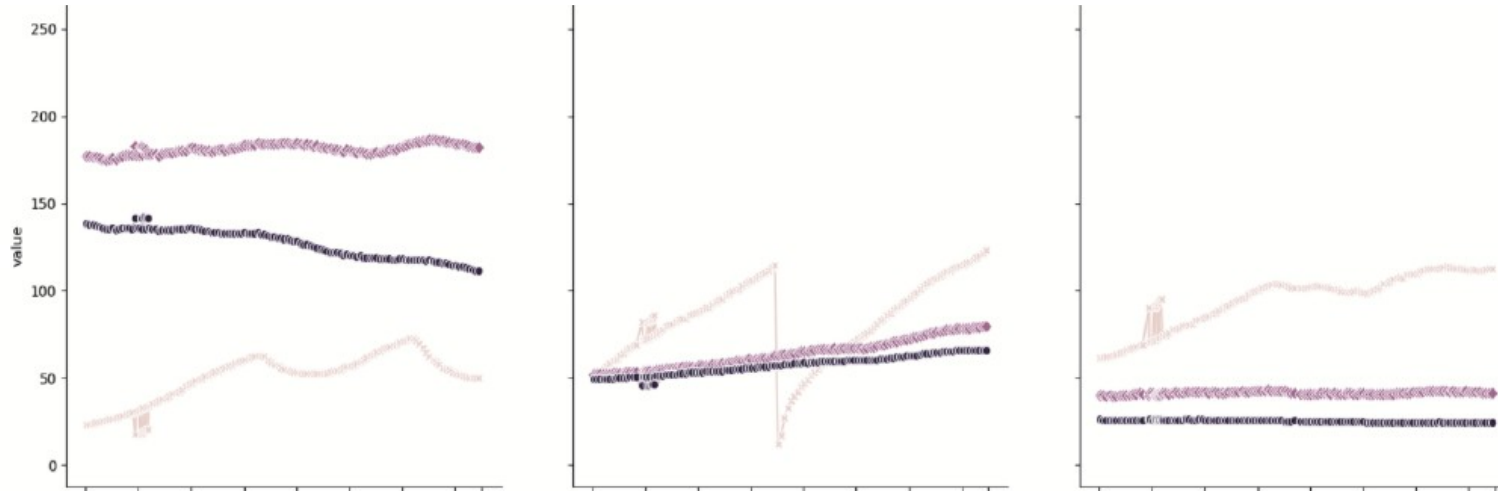
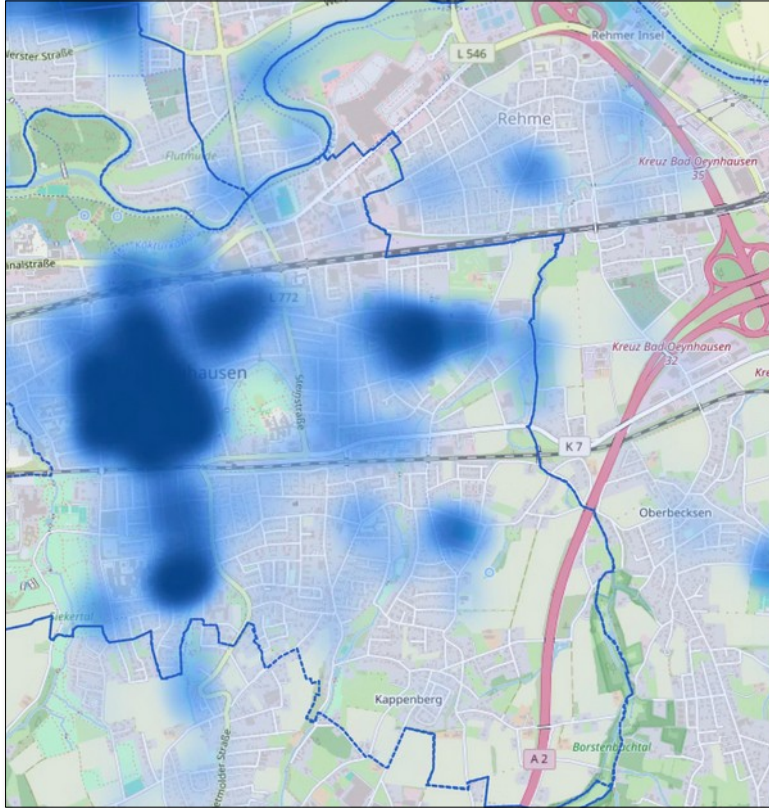


Abbildung 33: Sensorverläufe im August (oben) 2025 und September (unten) 2025. Bäume desselben Standorts und damit desselben Bodenprofils – reagieren über dieselben Tage hinweg deutlich unterschiedlich; einzelne Sensoren zeigen unplausible Ausschläge (z. B. Standort 846).

Modelltraining schwierig

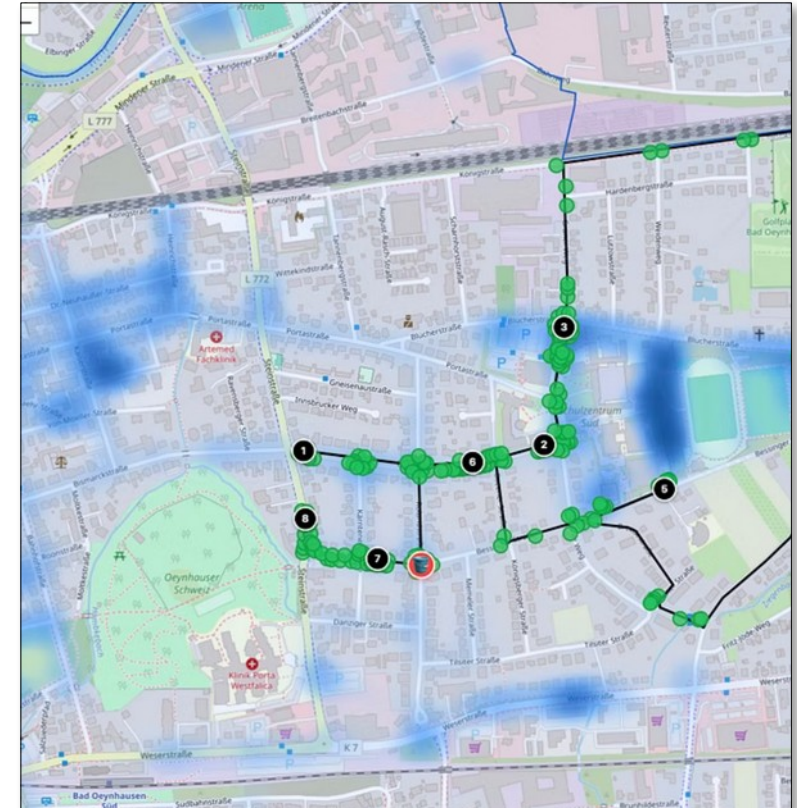
- Einfluss von Regen/Bewässerung teilweise nicht sichtbar
- Große Unterschiede am selben Standort
- Bewässerungsprognose
 - Externe Experteneinschätzung
 - Schwierig mit Daten in Einklang zu bringen

Routenplanung auf Basis von Bedarfskarten



Bedarfskarte:

- Visualisierung der Bewässerungsbedarfe
- Heatmap zeigt Prioritäten im Stadtgebiet



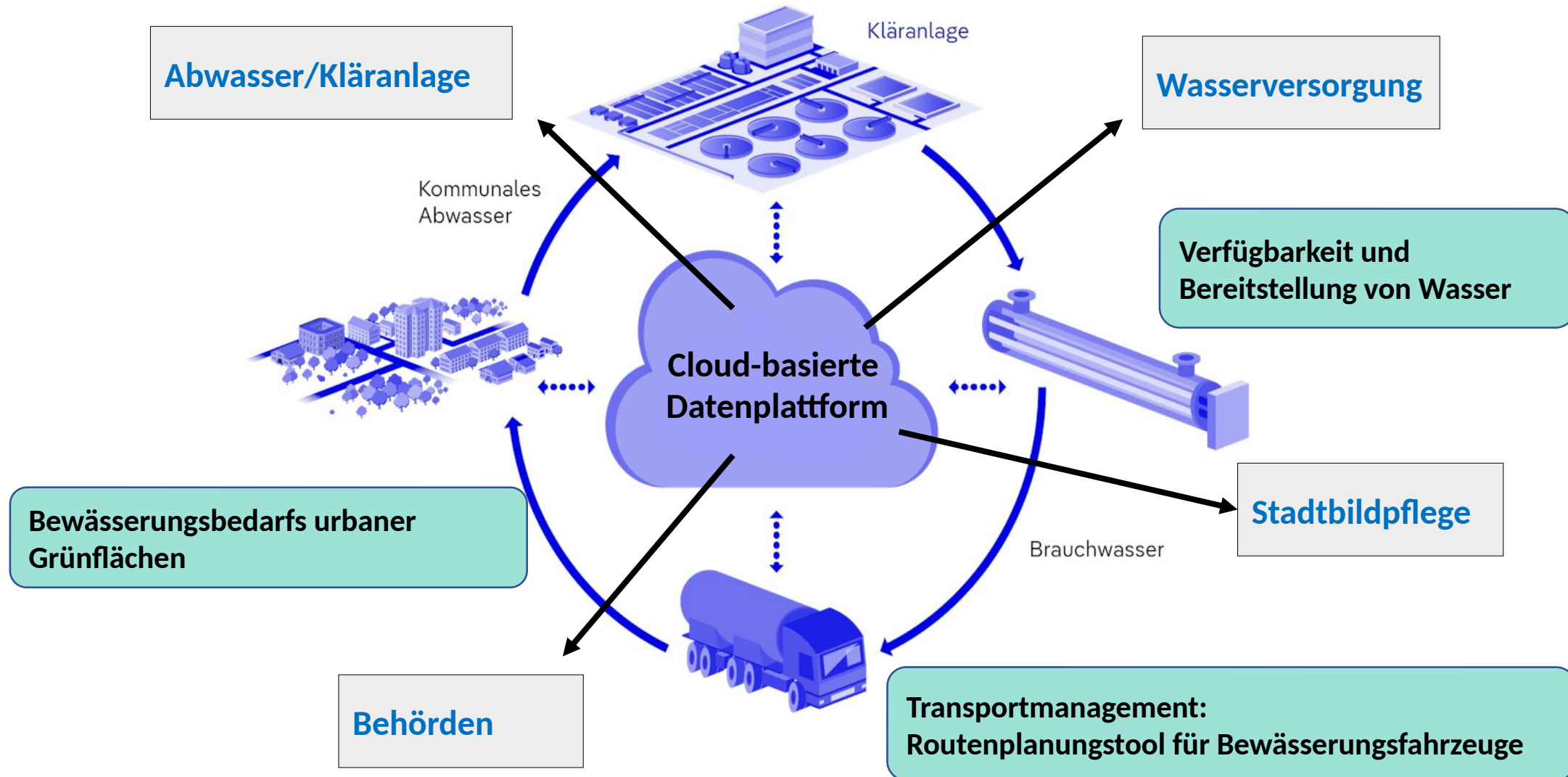
Routenplanung:

- Generierung der optimierten Route für die Bewässerungsfahrzeuge bzw. effizienteste Abfolge der zu bewässernden Flächen

Informationsmanagement



Bereitstellung der erforderlichen Informationen für verschiedene Anwendergruppen



Zusammenfassung



- (Urbane) Wasserwiederverwendung
 - Ist technisch machbar; Synergien mit der 4. Reinigungsstufe möglich
 - Regulatorische Randbedingungen sind jedoch noch nicht final geklärt
- Digitale Tools
 - Unterstützung der Betriebsüberwachung und -optimierung
 - Bereitstellung der erforderlichen Informationen für verschiedene Anwendergruppen

Abschlussbericht



Link zum
Download

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Verbundprojekt:



DigiWaVe

Digitale Lösungen für eine ressourceneffiziente und sichere Wasserwiederverwendung im urbanen Raum (DigiWaVe)

Fördermaßnahme: Digital Greentech

Projektlaufzeit: 01.09.2023 – 28.02.2026

Erstellungsdatum: August 2026



Projektpartner	Kürzel	Förderkennzeichen
Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH	KWB	02WDG1687A
Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR	SBO	02WDG1687B
Schölzel Consulting	SC	02WDG1687C
Xylem Water Solutions Herford GmbH	XYL	02WDG1687D
Masasana GmbH	MAS	02WDG1687E

Gefördert durch:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei der Autorin / beim Autor.



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt





Danke!

Michael Stapf

Kompetenzzentrum Wasser Berlin

michael.stapf@kompetenz-wasser.de

KWB

xylem
Let's Solve Water


STADTWERKE®
BAD OEYNHAUSEN

... und es läuft!

:: SCHÖLZEL CONSULTING

 **MASASANA**
DEEPER LEARNING

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Digital 
GreenTech