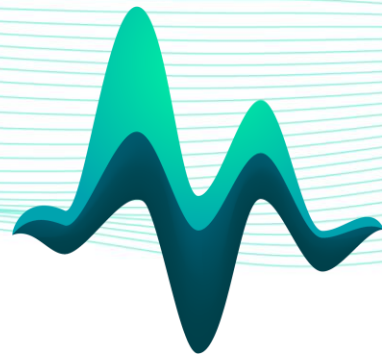




DigiWaVe

**Digitalisierung & urbane Wasserwiederverwendung –
Erfahrungen aus dem Projekt DigiWave**

Michael Stapf

DWA Landesverbandstagung 2026 | 05.06.2026 | Neubrandenburg

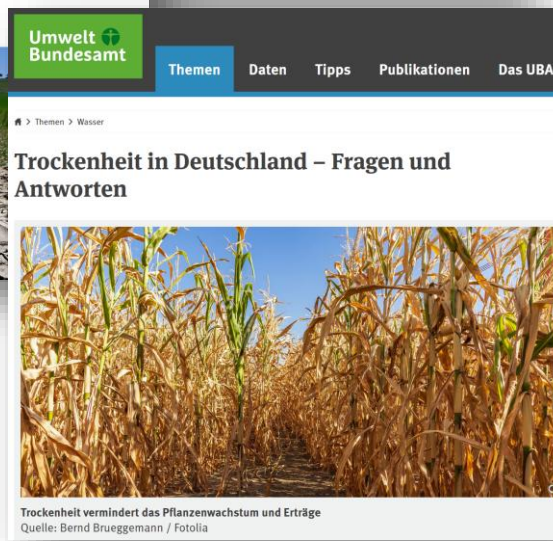
Warum Wasserwiederverwertung?



DÜRRE IM FRÜHJAHR

Wird es jedes Jahr so trocken bleiben?

Von Andreas Frey 20.05.2026, 09:13 Lesezeit: 7 Min.



Berliner Morgenpost

Mein Bezirk | Mein Verein | Berlin | Verkehr | Blaulicht | Panorama | Sport | Politik | Kultur | Wirtschaft

Home | Berlin | Straßenbäume in Berlin in Gefahr – So leiden sie unter der Dürre

Viele brauchen Hilfe

+ So heftig leiden Berlins Straßenbäume schon unter der Dürre

Berlin. Die Bodenfeuchte im Stadtgebiet ist schon vor Beginn des Sommers in den roten Bereich abgesunken. Die Bürger sind zum Gießen aufgefordert.



Von Joachim Fahrur, Chefreporter Landespolitik
13.05.2025, 17:00 Uhr



Situation in Bad Oeynhausen

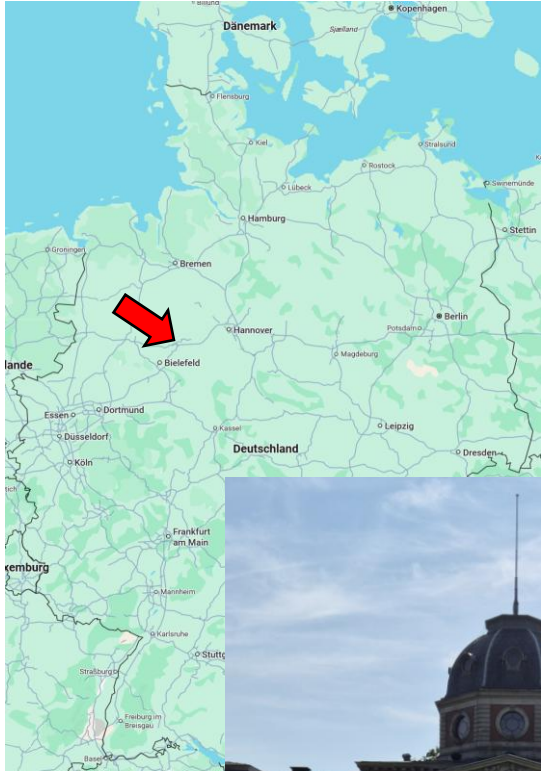


Photo Credit: M. Stapf

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



Trinkwasserverbrauch bitte
deutlich einschränken –
keine Gartenbewässerung,
keine Poolbefüllung!

<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

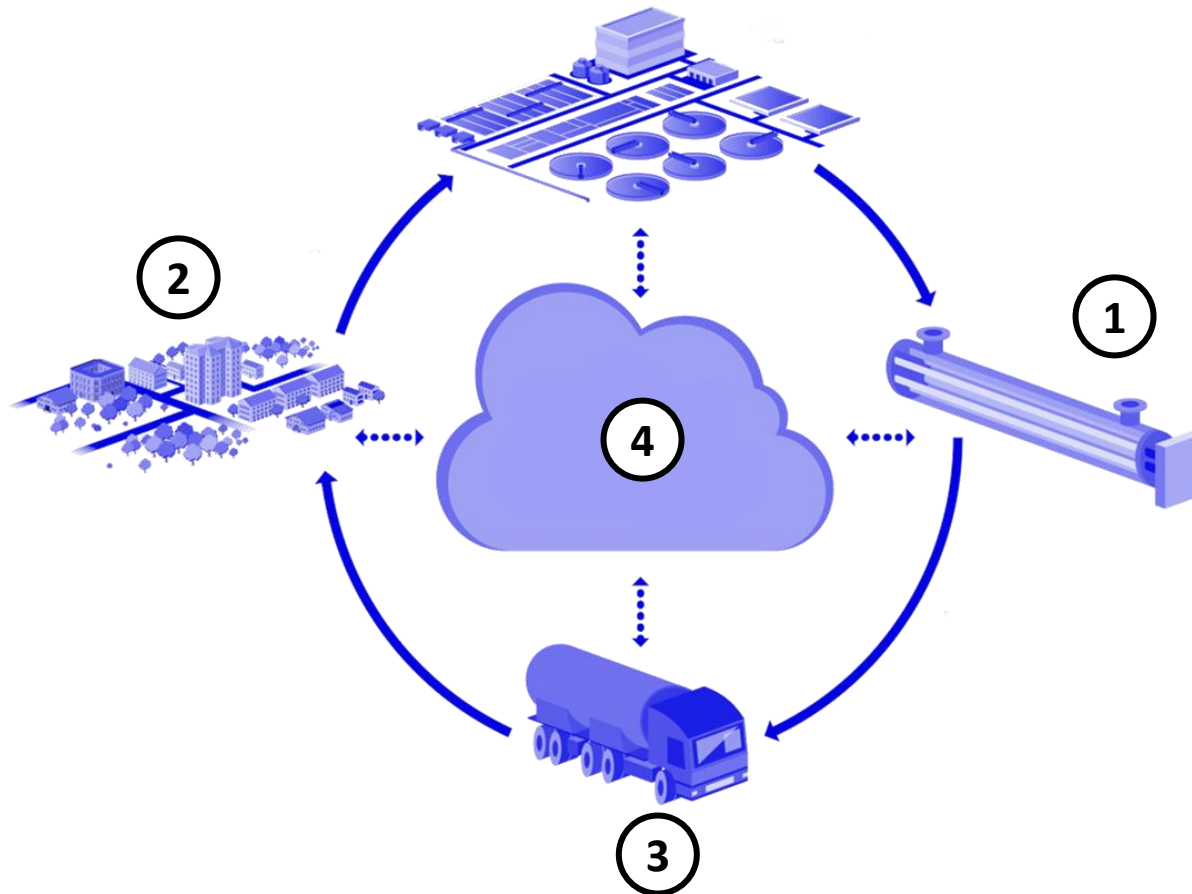
Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Digital 
GreenTech

Digitale Unterstützung für die Wasserwiederverwendung

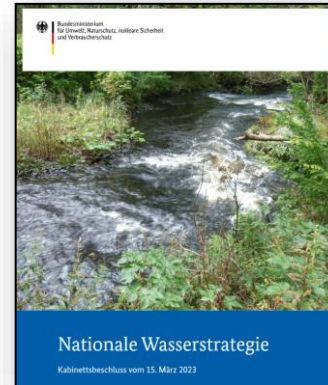


1. Wasserqualitätsprognose (*Angebot*)
2. Prognose für den Bewässerungsbedarf von städtischen Grünflächen (*Nachfrage*)
3. Automatische Routenplanung für Bewässerungsfahrzeuge (*Verteilung*)
4. Cloubasiertes Datenmanagementsystem (*Interaktion*)

Regulatorische/politische Randbedingungen

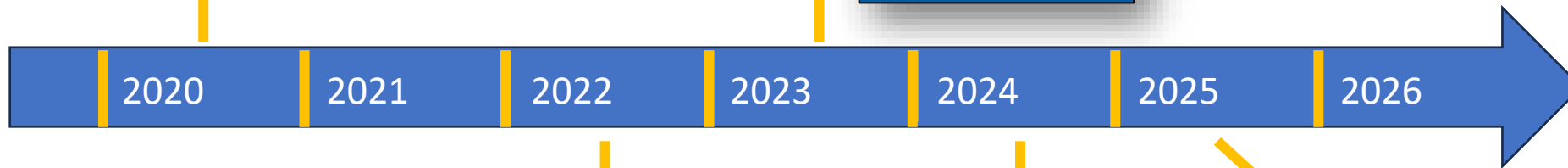


EU VO 2020/741
Mindestanforderungen an die
WWV (Landwirtschaft)

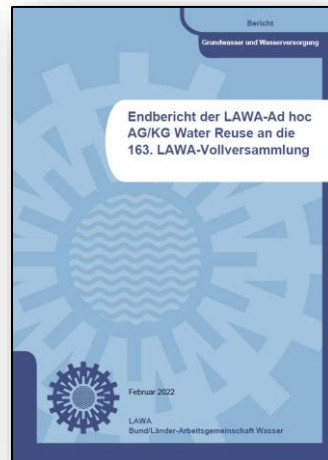


Aktion 54: Stärkung der Wasserwiederverwendung

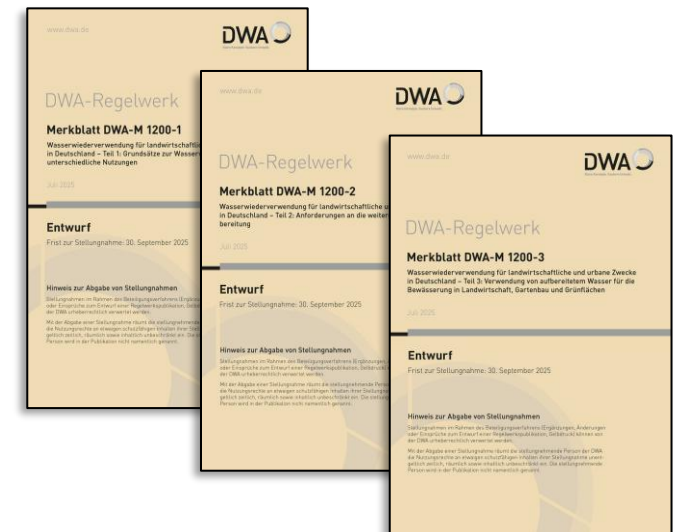
- EU VO 2020/741 (...) umgesetzten
- Leitplanken für weitere Nutzungen von aufbereitetem Abwasser entwickeln



Anpassung WHG
BundesWW-VO ??



EU RL 2024/3019
Kommunalabwasserrichtlinie
(KARL)



Wasserwiederverwendung: was und wie?



Photo Credit: 4028mdk09, via wikimedia.org



Photo Credit: CMatula, via wikimedia.org



Photo Credit: Gerhard Eichmann, via wikimedia.org



Photo Credit: Kora27, via wikimedia.org



Photo Credit: M. Stapf



Photo Credit: C Nanda Kishore Reddy, via wikimedia.org



Photo Credit: Triplec85, via wikimedia.org

Aufbereitungsziele



- EU VO 2020/741 → Landwirtschaft
- DWA M1200 (Gelbdruck) → Landwirtschaft/Gartenbau + Landschaftsbau/Freiflächenpflege

Güteklasse	Technologie	<i>E. coli</i> (Anzahl/100 ml)	Intestinale Enterokokken (KBE/100 ml)	Chemisch-physikalische Parameter	Prozess- validierung*
A	Mech.-biolog., Filtration, Desinfektion	≤ 10	≤ 100	BSB ₅ ≤ 10 mg/l AFS ≤ 10 mg/l Trübung ≤ 2 NTU	Ja
B (B-1/B-2)	Mech.-biolog., Filtration , Desinfektion	≤ 100	≤ 100	BSB ₅ gem. RL 91/271/EWG AFS ≤ 10 mg/l Trübung ≤ 2 NTU	B-1 = Ja B-2 = Nein
C (C-1/C-2)	Mech.-biolog., Filtration , Desinfektion	≤ 100	≤ 400	BSB ₅ gem. RL 91/271/EWG AFS ≤ 10 mg/l Trübung ≤ 2 NTU	C-1 = Ja C-2 = Nein
D	Mech.-biolog., Desinfektion	≤ 10.000	-	BSB ₅ und AFS gem. RL 91/271/EWG	Nein

Weitergehende Anforderungen des DWA-M 1200 ggü. EU VO 2020/741 in **rot**

Sonstige: Bei Risiko einer Aerosolbildung: Legionella spp. < 1.000 KBE/l; Bei der Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen: intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter

*Nachweis einer **relativen** Reduzierung von Bakterien (*E. coli*), Viren (somatische **und** f-spez. Coliphagen) und Protozoen (*Clostridium perfringens* Sporen)

Beispiele im urbanen Bereich

(A) - Uneingeschränkte Bewässerung aller Freilandflächen (inkl. Parks, Sportflächen und private Gärten)

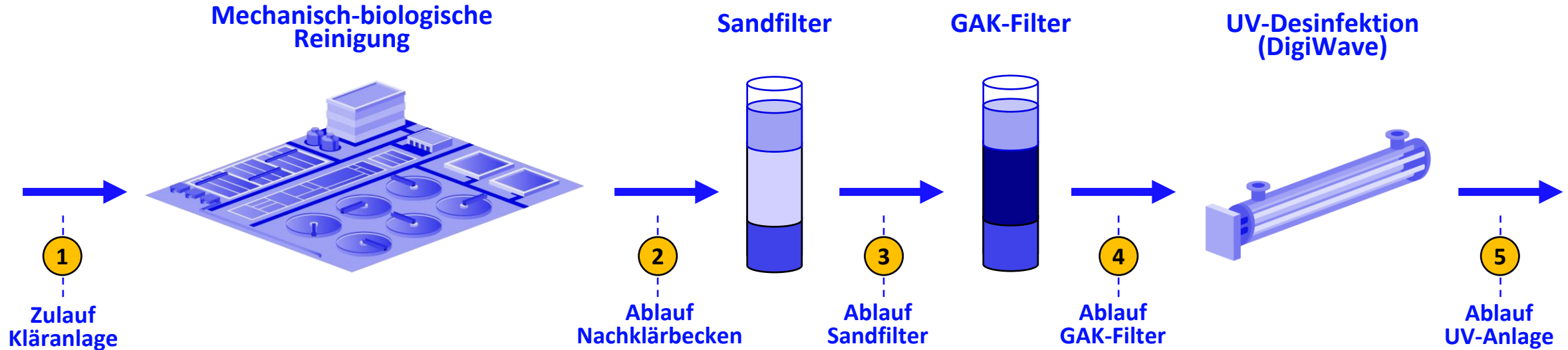
(B-2) - Rasenflächen auf Sportplätzen (**außerhalb unmittelbarer Nz**)
 - Straßenbegleitgrün (Sträucher, Hecken, Wiesen ...)
 - öffentliche Parkanlagen: Wiesen- und Rasenflächen (**aNz**), Liegewiesen (**aNz, ZK**)

(C-2) - Rasenflächen auf Sportplätzen (**aNz, ZK, Abtrocknungszeit**)
 - öffentliche Parkanlagen: Wiesen- und Rasenflächen (**aNz, ZK**)

(D) - Straßenbäume (**bB**)
 - Friedhöfe (**aNz**)
 - nicht öffentliche Park-/Gartenanlagen (**ZK**)

aNz = außerhalb der Nutzungszeit
 ZK = Zugangskontrolle
 bB = tropf- oder bodennahe Bewässerung

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):

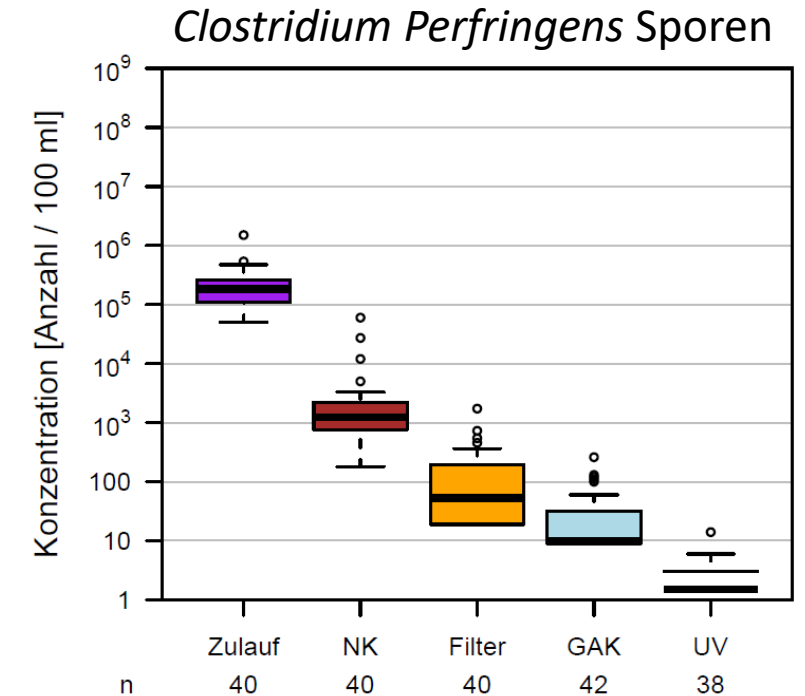
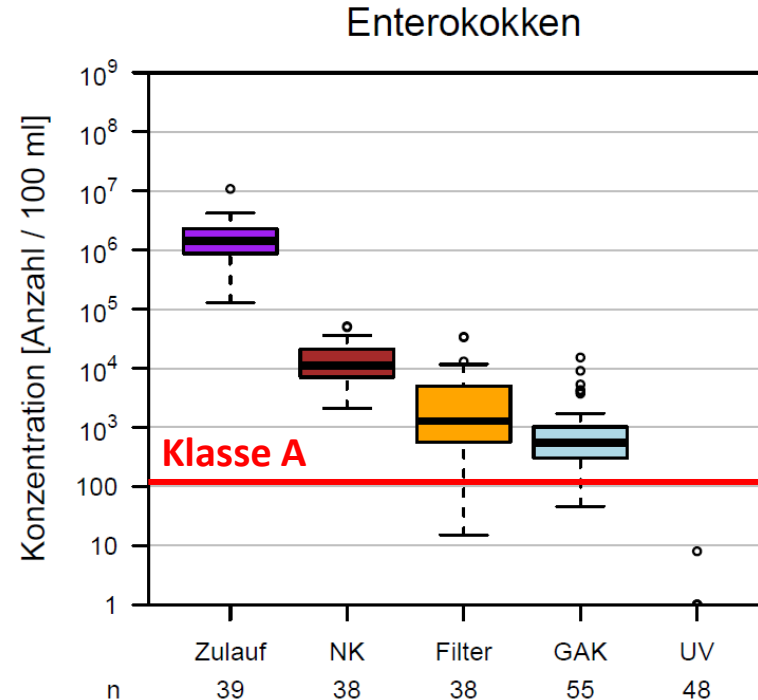
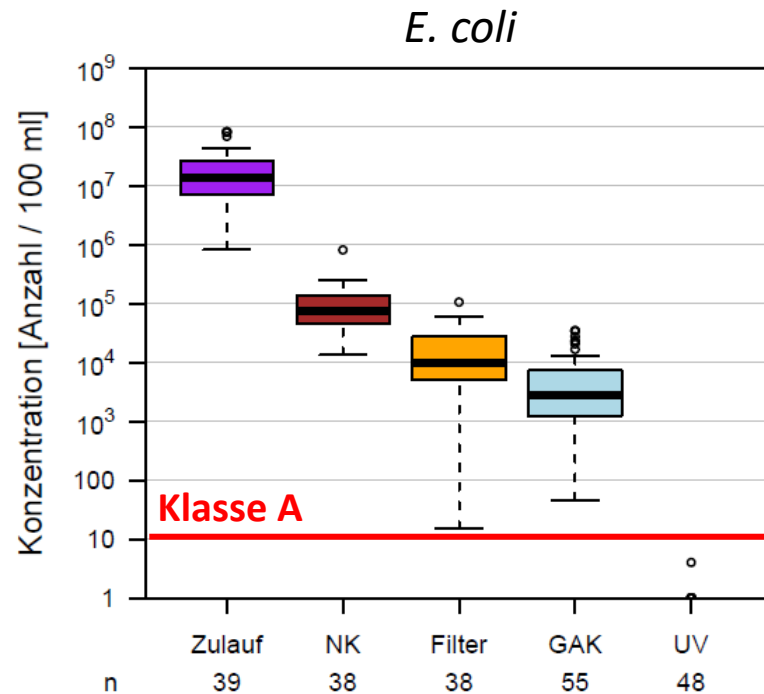
- 20 – 60 m³/h
- 4 x Niederdruckstrahler
- Variable Leistung (50 – 100%)
- UV-Intensitätsmessung + automatischer Wischer



UV-Dosis (MS2RED) in Betriebsphase:

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

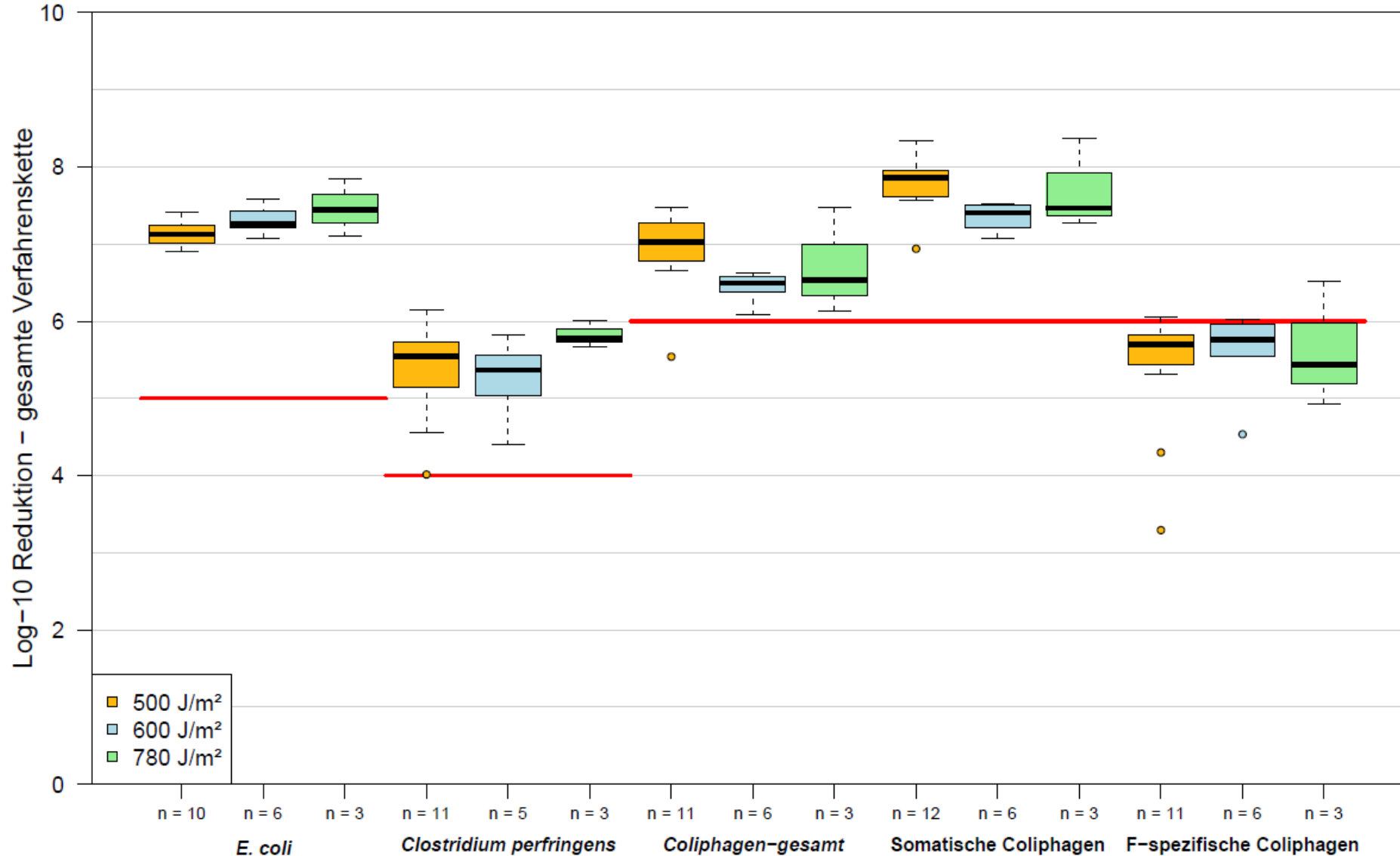
MiBi-Konzentrationen



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.

Validierung des Gesamtprozesses



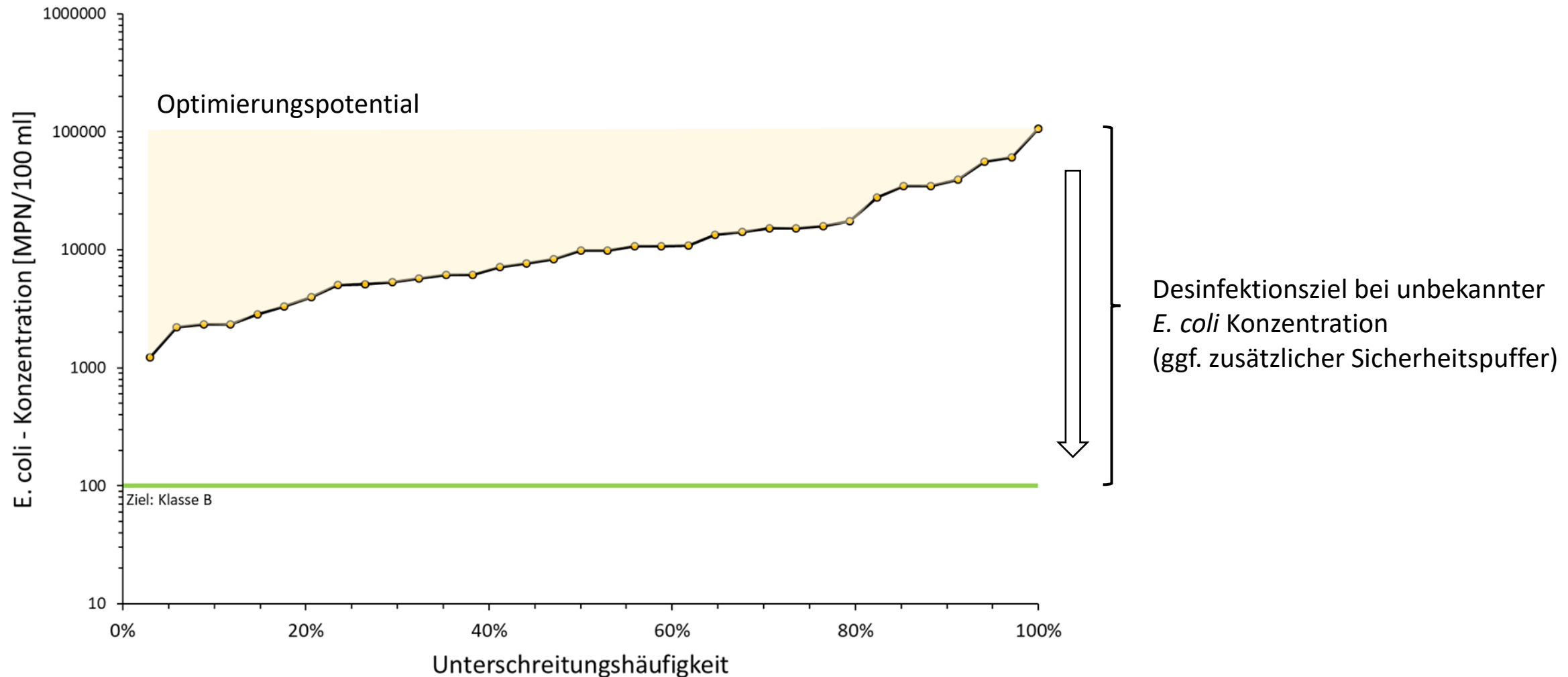
😊 EU VO 2020/741

☹️ DWA M1200

Viele offene Fragen:
BMFTR gefördertes Projekt

VALIDREUSE

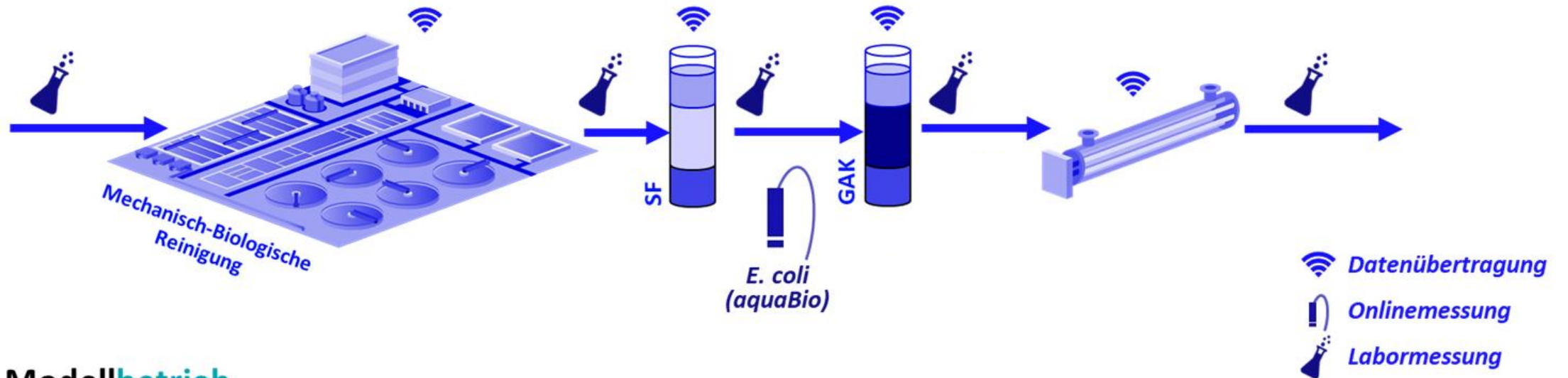
Mikrobiologisches Prognosemodell: wozu?



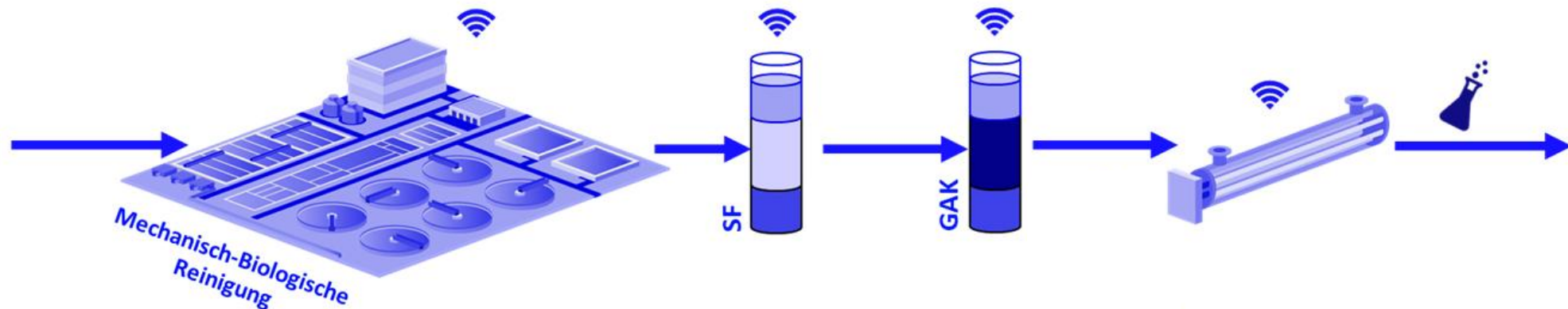
Ansatz



Modellaufbau



Modellbetrieb



Durchführung



1. Aufbereitung Onlinedaten

- Auffüllen kleinerer Datenlücken durch Interpolation
- Prüfung auf Konsistenz; Entfernung unplausibler Daten

2. Generierung Vorhersagevariablen

- 19 Variablen; 3h-Mittelwerte

3. Vergleich Vorhersagealgorithmen

- Stepwise Regression
- Lasso Regression
- **Quantile Random Forest (QRF)**
- Neuronale Netze (nnet package R)

4. Modellvereinfachung

- Variablenreduktion

5. Modellvalidierung

- Verwendung einer kleineren (nicht steuerbaren) UV-Anlage

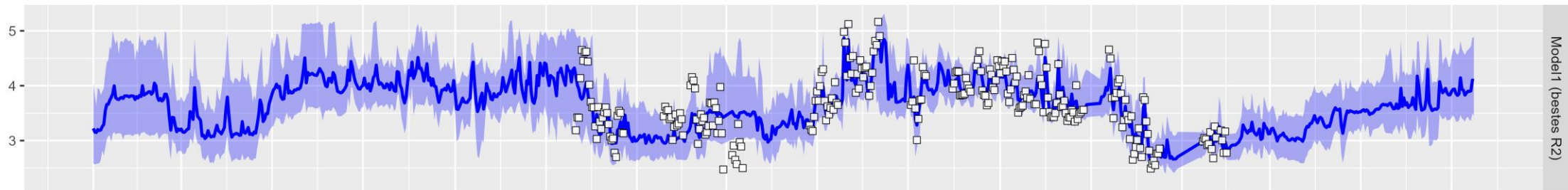


Ergebnis

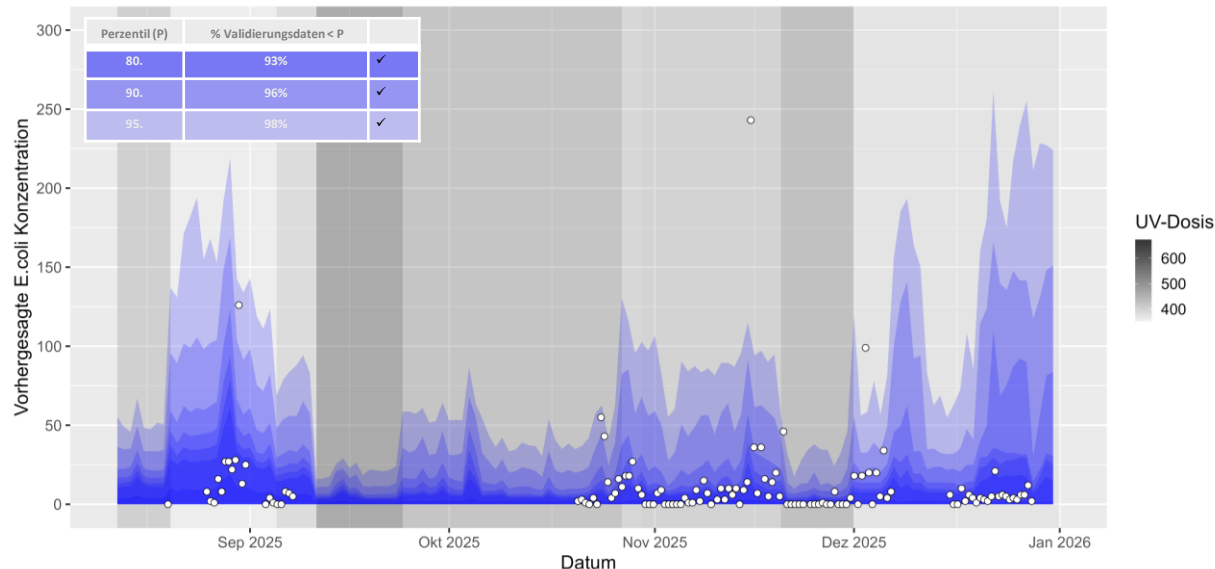


Training

Zeitreihe E.coli Vorhersage vs. Messwerte



Validierung



- AquaBio:
 - belastbare / hoch aufgelöste Daten
- Prognosemodell:
 - Mehr Eingangsvariablen = besseres Ergebnis
 - Optimierungspotential 20 – 30% niedrigere UV-Dosis möglich (im Mittel)
- Offen:
 - Übertragbarkeit auf andere Kläranlagen
 - Andere Anwendungsgebiete (z.B. Badegewässer)
 - Übertragung auf weitere Indikatororganismen (z.B. Enterokokken, Phagen, Sporen)

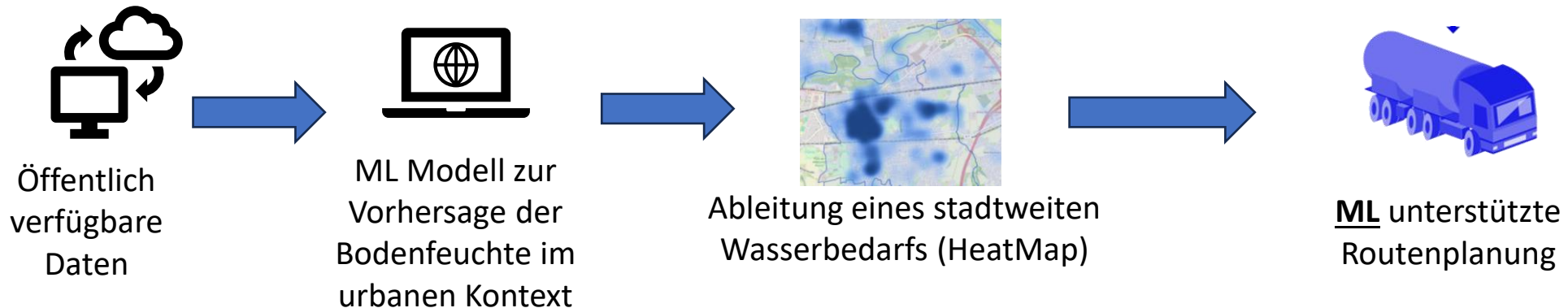
Ziel der Wasserbedarfsprognose



Stand der Technik



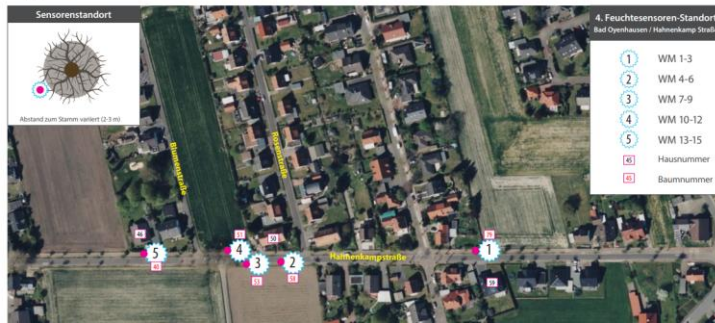
Ambition



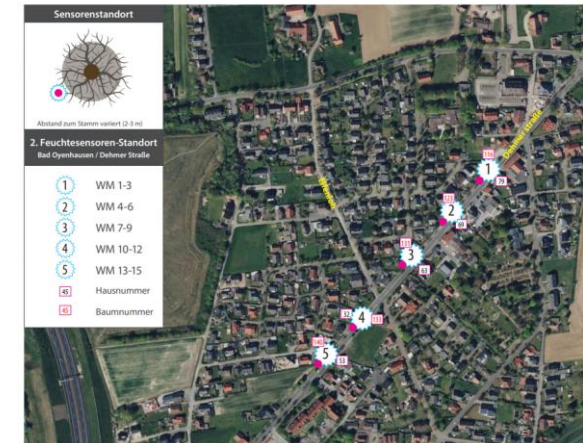
Standorte mit Bodenfeuchtesensoren



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

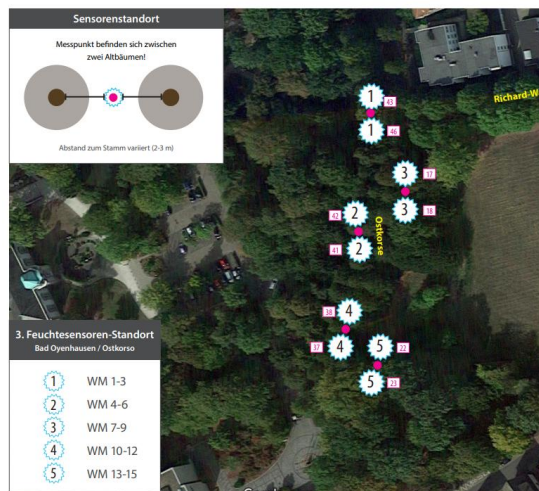


Übersichtsplan: Dehmer Straße, 32547 Bad Oeynhausen | Erstellt am 18.12.2023
02 Feuchtesensorik-Übersichtsplan (*Acer pseudoplatanus*)



(Plangrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023)

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



(Plangrundlage: Google Maps, Aufnahme: 18.12.2023)

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



(Plangrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023)

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



(Plangrundlage: Apple Karten, Aufnahme: 18.12.2023)

➔ Je 3 Tiefen:
30 / 60 / 90 cm

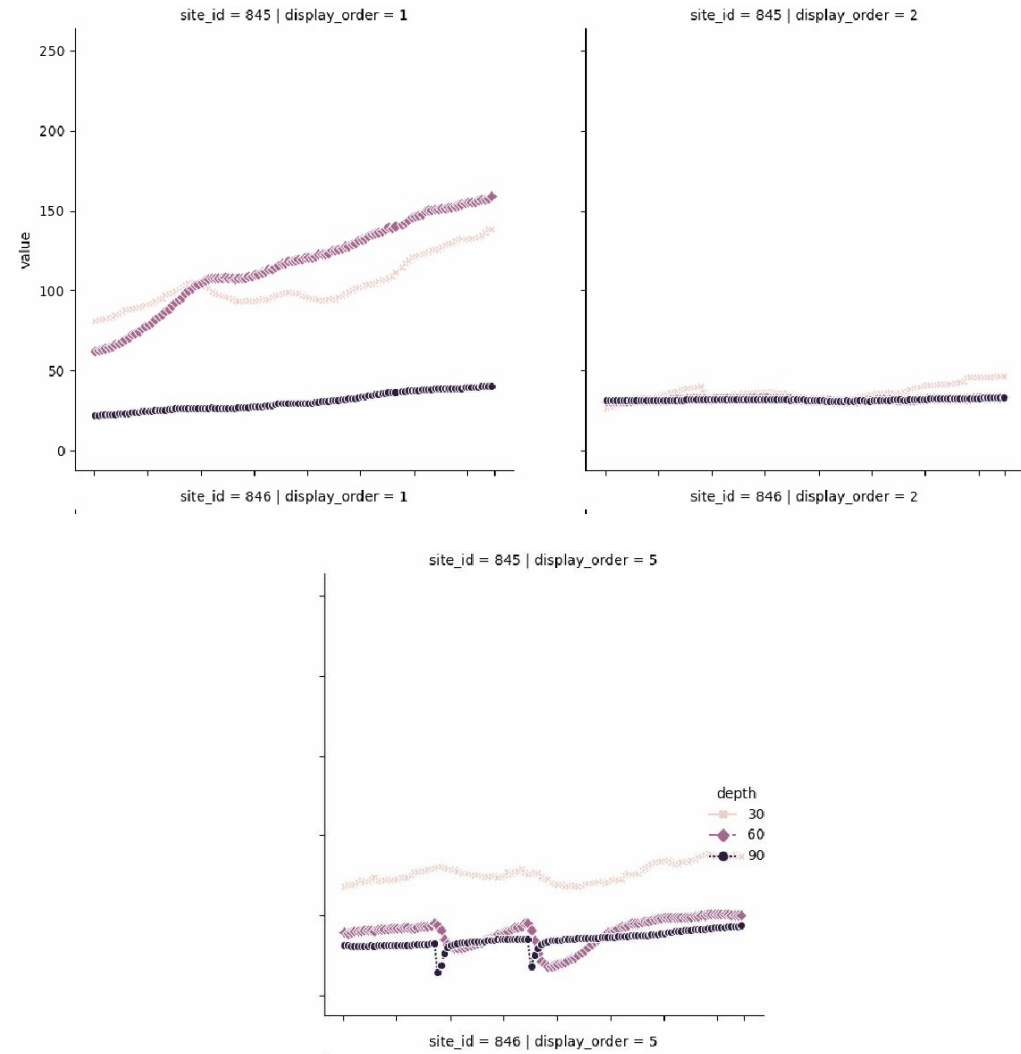
Impressionen vom Einbau



Training der Bewässerungsprognose



- Viele Eingangsdaten sind verfügbar
 - Niederschlag, Temperatur, Satelliten, ...
- Training mit Referenzdaten schwierig
 - Sensordaten
 - 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

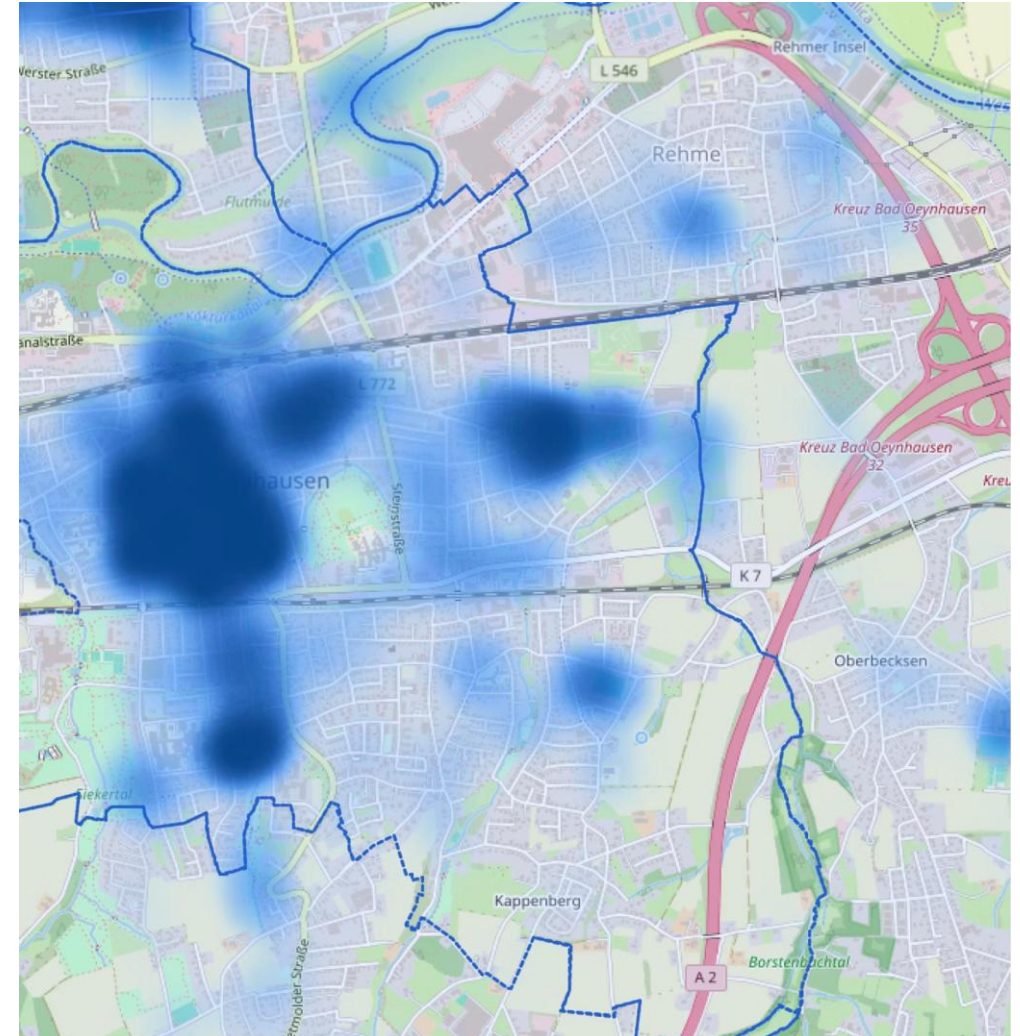


Ansatz zur Routenplanung:

- Visualisierung räumlicher Bewässerungsbedarfe
- Heatmap zeigt Prioritäten im Stadtgebiet
- Grundlage für effiziente Tourenplanung

Beispiel Bad Oeynhausen:

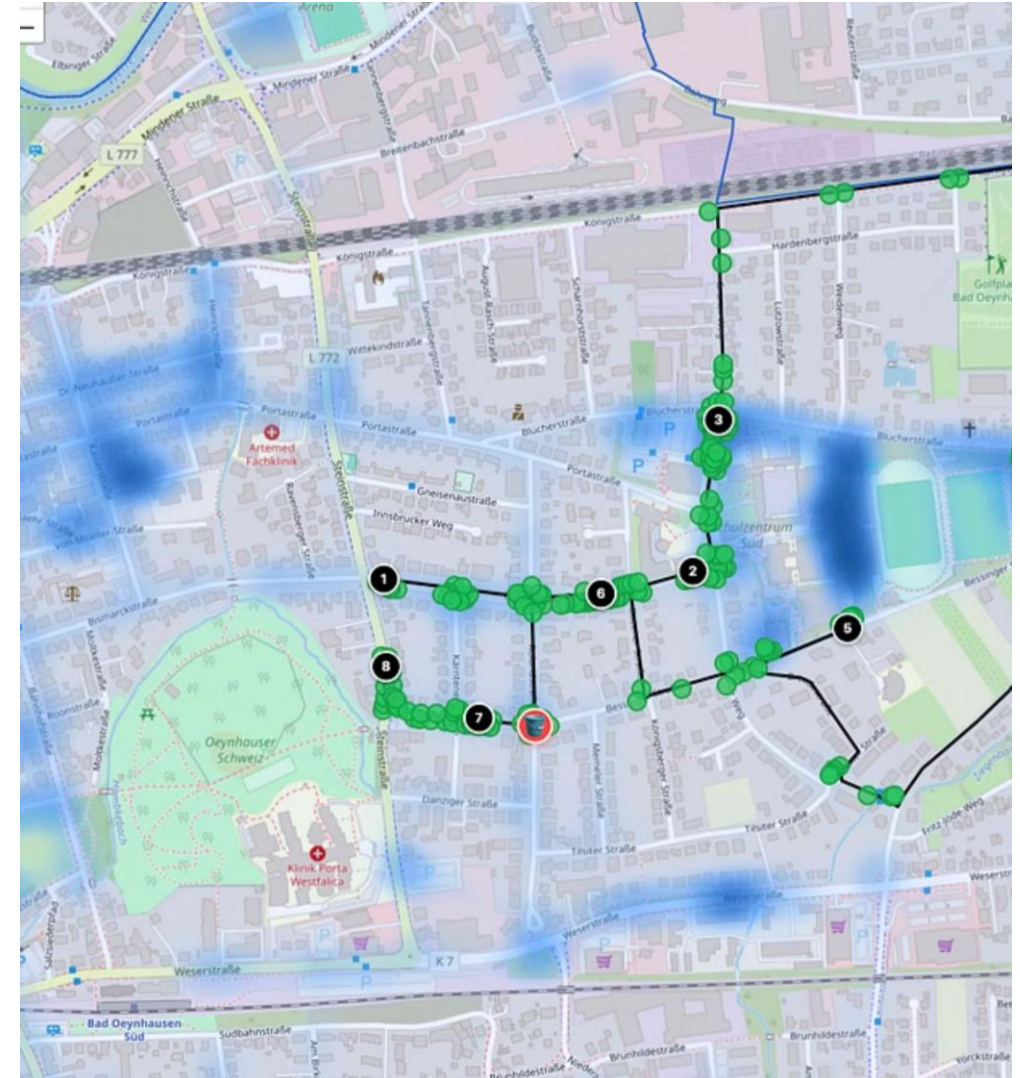
- Farbcodierung nach Bewässerungsbedarf
- Integration in operative Planung
- Berücksichtigung räumlicher Verteilung



Visualisierung der Routenplanung



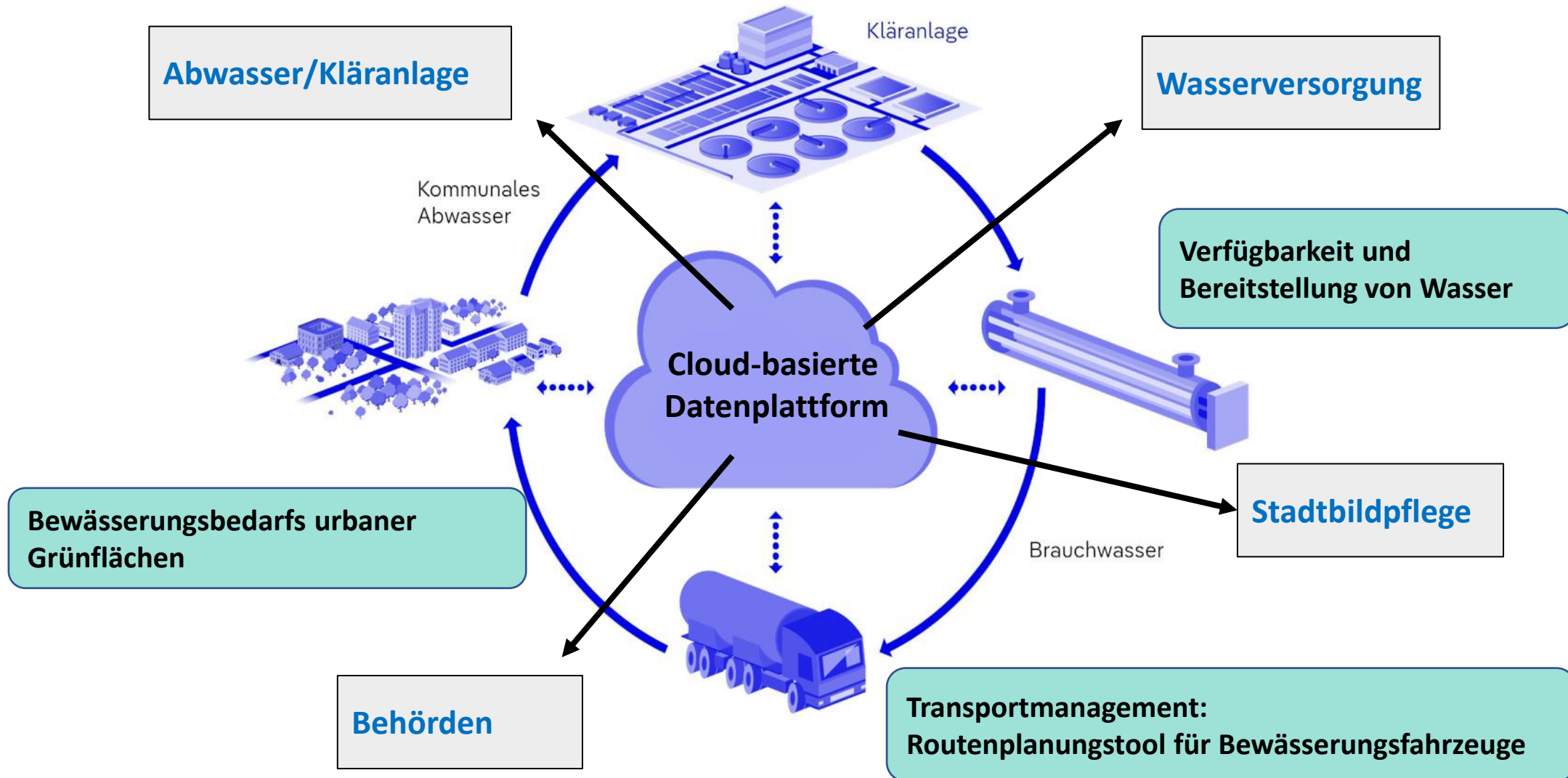
- Basierend auf den Bedarfskarten wird eine optimierte Route für die Bewässerungsfahrzeuge generiert.
- Diese Visualisierung zeigt eine solche Route, die die effizienteste Abfolge der zu bewässernden Flächen darstellt.



Informationsmanagement



Bereitstellung der erforderlichen Informationen für verschiedene Anwendergruppen



Fazit



- (Urbane) Wasserwiederverwendung
 - Ist technisch machbar
 - Regulatorische Randbedingungen sind teilweise noch nicht final geklärt
- Digitale Tools
 - Unterstützung der Betriebsüberwachung und -optimierung
 - Bereitstellung der erforderlichen Informationen für verschiedene Anwendergruppen



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