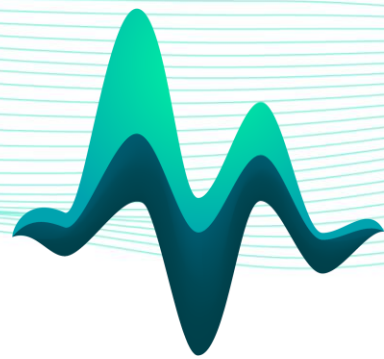




DigiWaVe

**Digitale Lösungen für eine ressourceneffiziente und sichere
Wasserwiederverwendung im urbanen Raum**

Abschluss-Webseminar – 19.02.2026

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Digital 
GreenTech

Agenda



1. Projektvorstellung (U. Miehe, KWB)
2. Pilotanlage und Messungen auf der Kläranlage (M. Stapf, KWB)
3. Prognosemodell für mikrobiologische Wasserqualität (W. Seis, KWB)
4. Fragerunde 1
5. Wasserbedarfsprognose und –verteilung (T. Freund, Masasana)
6. Informationsplattform (A. Ried, Xylem)
7. Kommunikation und Motivation der Stadtwerke Bad Oeynhausen (S. Brants)
8. Fragerunde 2

Projekthintergrund



Situation

- Längere und heißere Trockenperioden werden erwartet
- Städtische Grünflächen brauchen mehr Bewässerung
- Potenzieller Konflikt mit der Trinkwasserentnahme

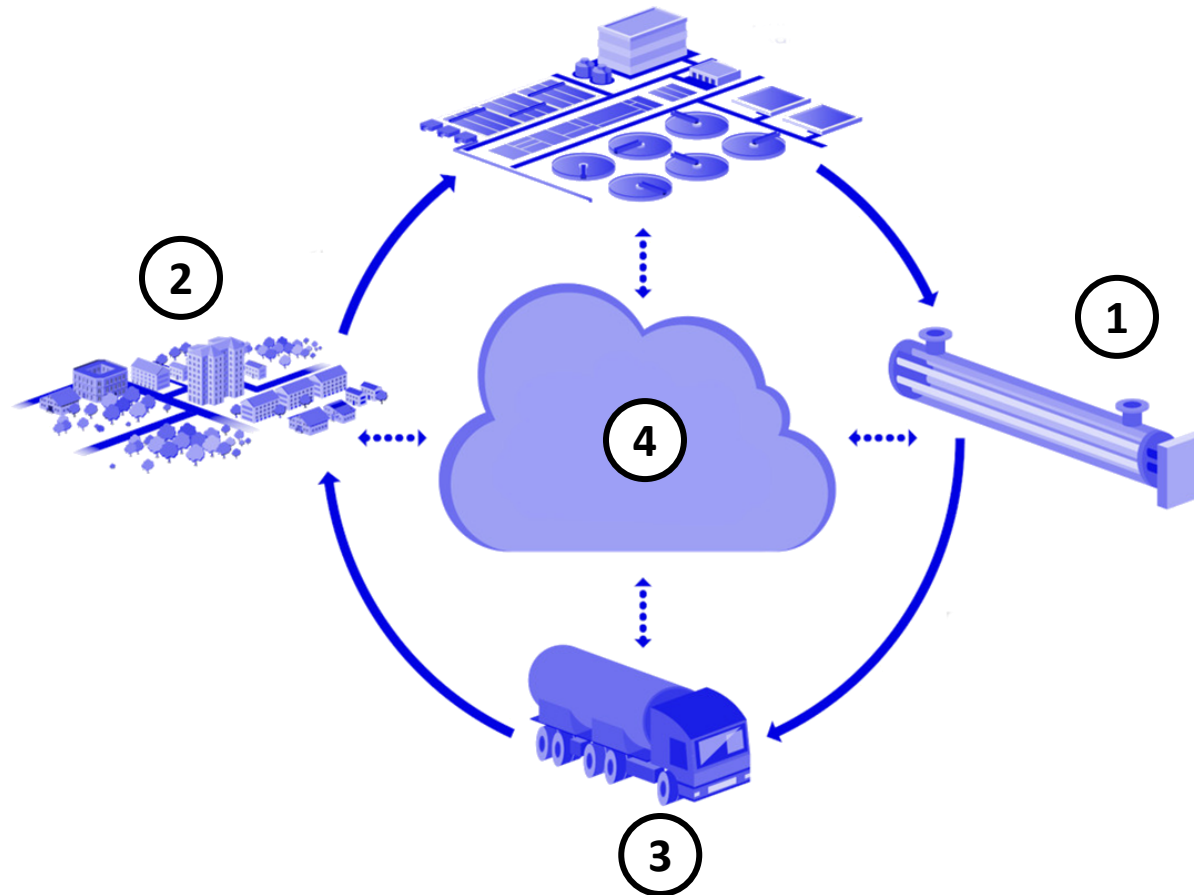
Idee

- Wasserwiederverwendung zur Entkopplung der Bewässerung von der Trinkwasserentnahme

Projekt DigiWave

- Entwicklung von vier digitalen Lösungen zur Unterstützung von Wasserwiederverwendungssystemen

Digitale Lösungen in DigiWave



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

DigiWave-Projektteam



KWB

xylem
Let's Solve Water



... und es läuft!

MASASANA
DEEPER LEARNING

:: SCHÖLZEL CONSULTING

Gefördert durch:

**Digital
GreenTech**



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

DigiWave-Projekt

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Digital
GreenTech



Laufzeit:

09/2023 – 02/2026

Budget:

1.172 k€

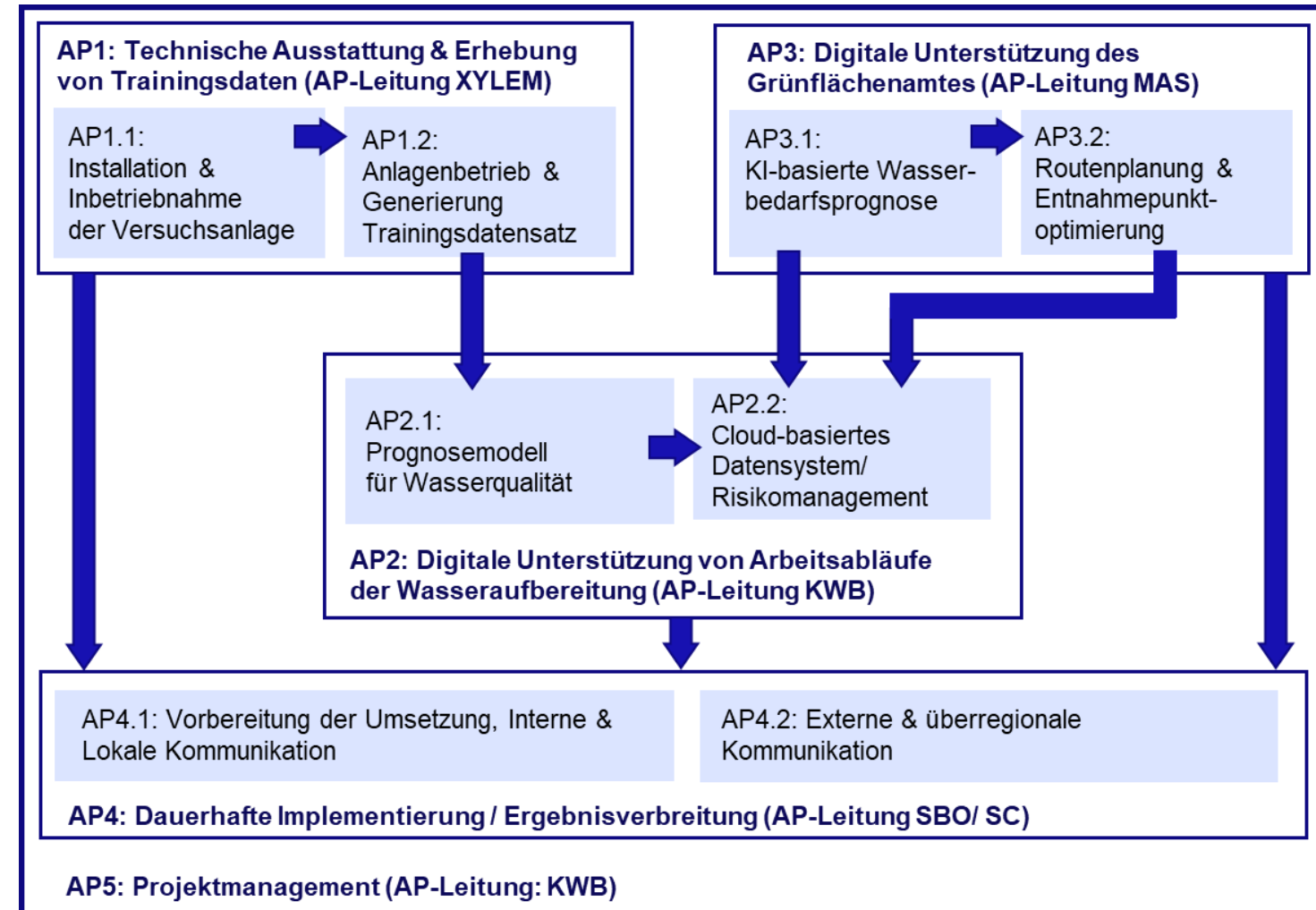
Homepage:

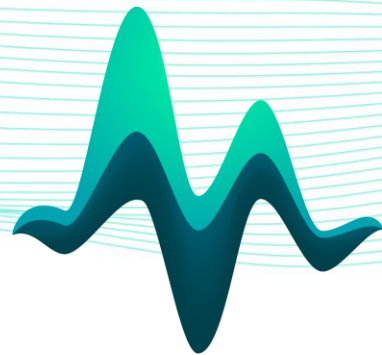
www.digiwave-project.org

LinkedIn-Kanal:



<https://www.linkedin.com/company/digiwave-ein-water-reuse-projekt/>





DigiWaVe

**Pilotanlage und Messungen auf der Kläranlage
(Michael Stapf, Kompetenzzentrum Wasser Berlin)**

Wasserwiederverwendung: was, wie, wann?



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

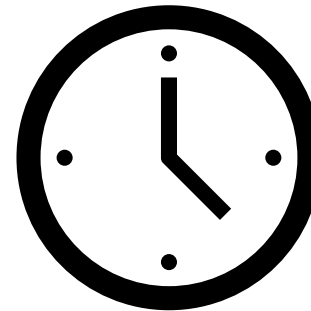


Photo Credit: C Nanda Kishore Reddy, via wikimedia.org

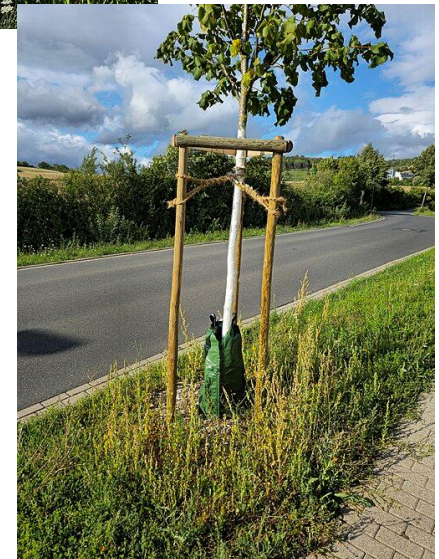


Photo Credit: Triplec85, via wikimedia.org

Wasseraufbereitungsziele



- EU VO 2020/741
- DWA M1200 (Gelbdruck)
 - Weitergehende Anforderungen in **rot**
 - Anwendungsbereiche:
 - Landwirtschaft/Gartenbau,
 - Landschaftsbau und 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

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)

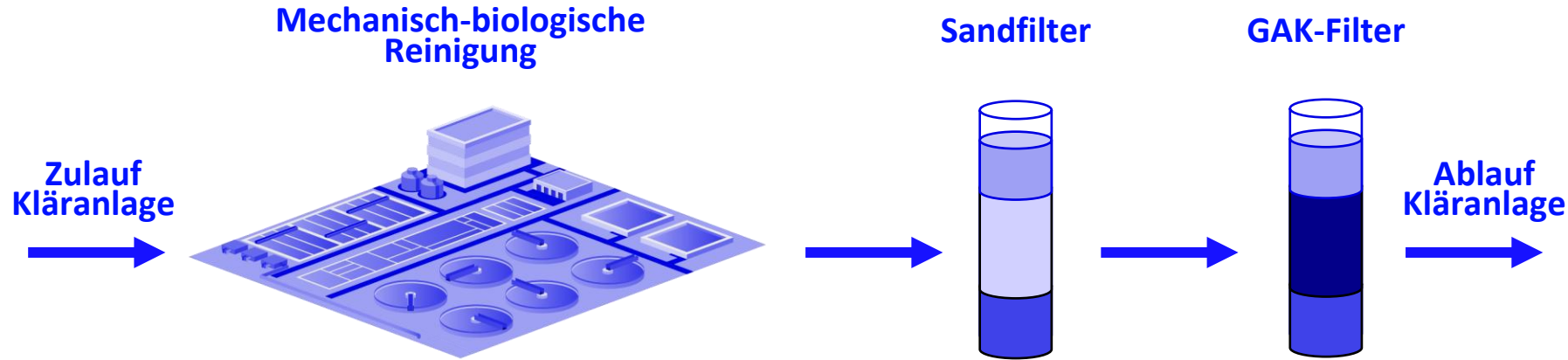
(B-2) - Rasenflächen auf Sportplätzen (*außerhalb unmittelbarer Nz*)
 - Straßenbegleitgrün (Sträucher, Hecken, Wiesen ...)
 - öffentliche Parkanlagen: Wiesen- und Rasenflächen (**aNz**), Liegewiesen (**aNz, ZK**)

(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

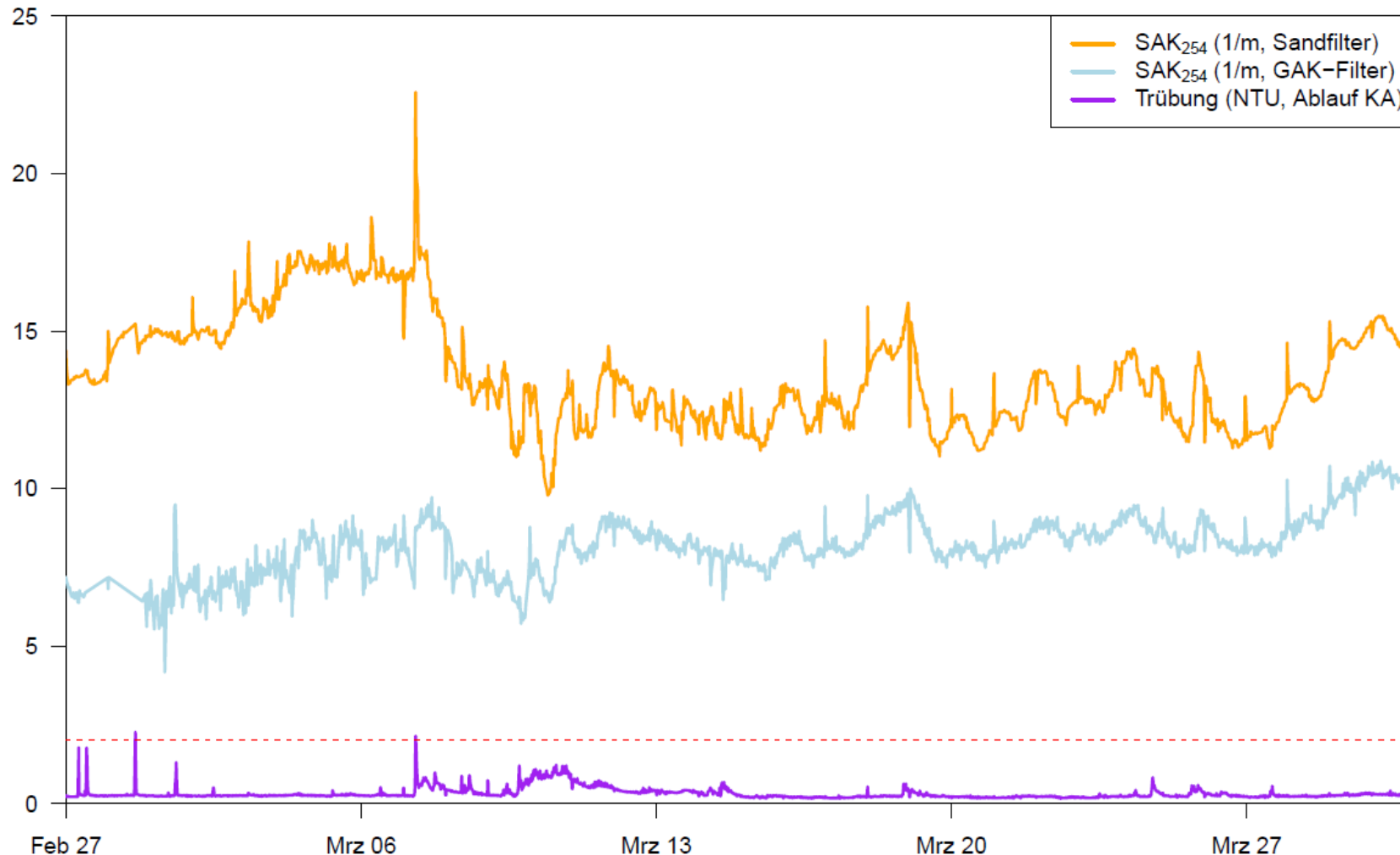
Kläranlage Bad Oeynhausen



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

Wasserqualität im Ablauf der Kläranlage



UV-Durchlässigkeit

- SAK_{254} : $8,0 - 15,5 \text{ m}^{-1}$
- UVT: $70 - 83 \%$

Trübung (Grenzwert)

- Mittelwert: $0,5 \text{ (2) NTU}$
- 95%-Quantil: $1,5 \text{ (5) NTU}$
- Maximum: $4,0 \text{ (10) NTU}$

➔ Gute Voraussetzungen
für eine UV-Desinfektion

UV-Anlage



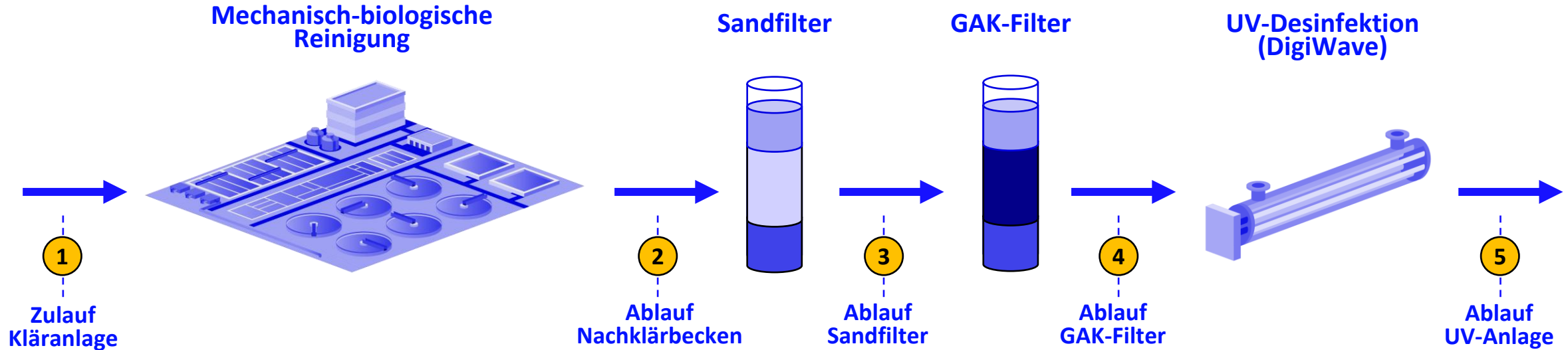
LBX90e (Xylem):

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

UV-Dosis (MS2RED) in Betriebsphase:

- 270 – 440 J/m²,
- Mittelwert $\approx$ 360 J/m²

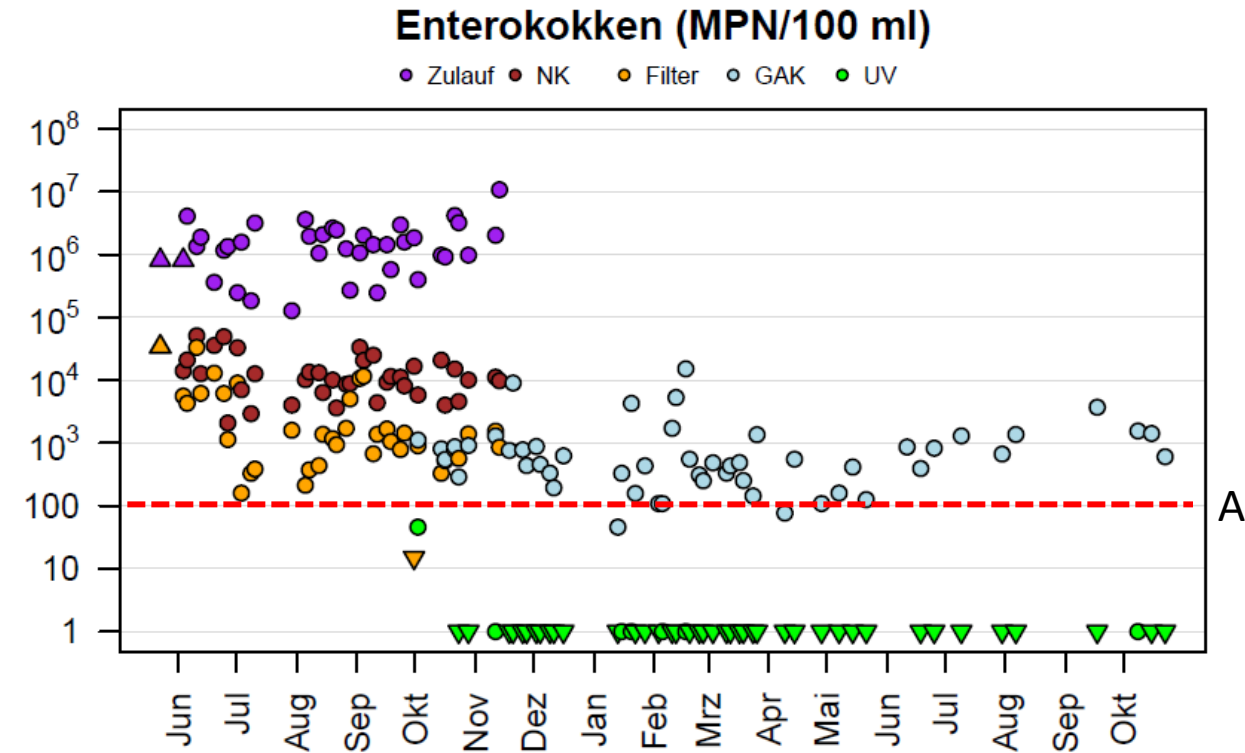
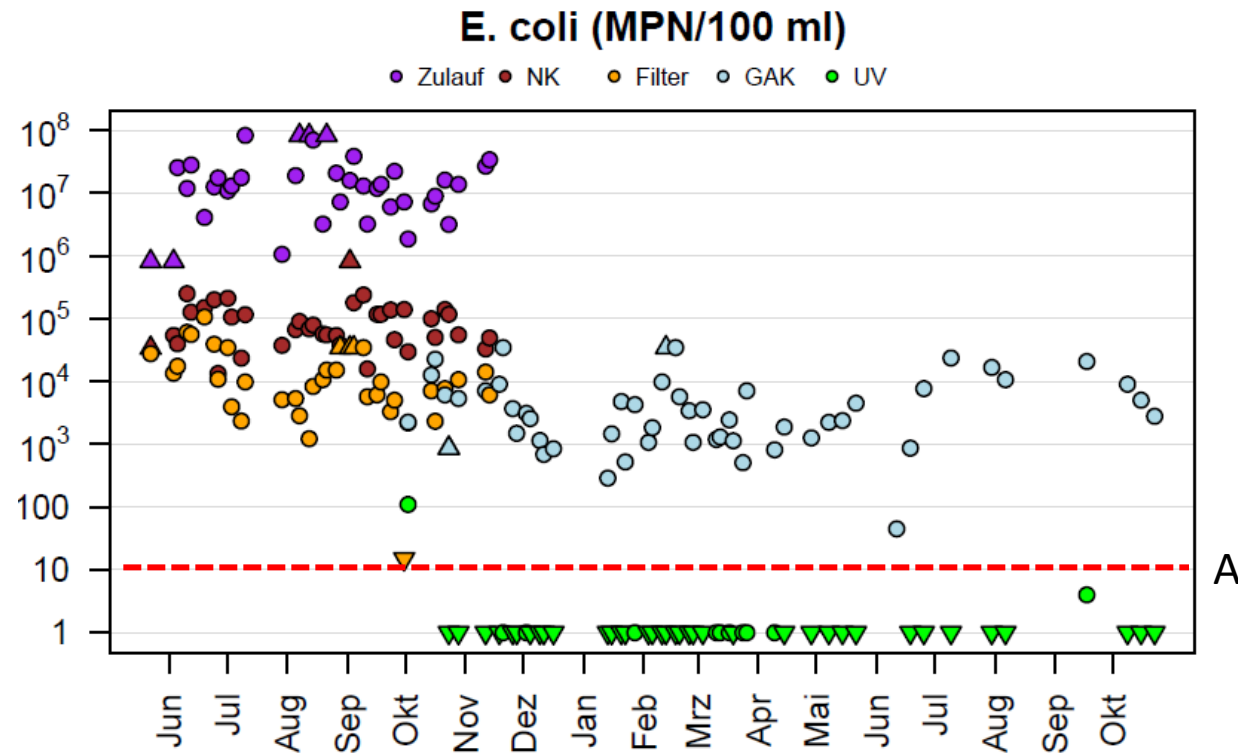
Aufbereitungskette und Messprogramm



Mikrobiologisches Messprogramm

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

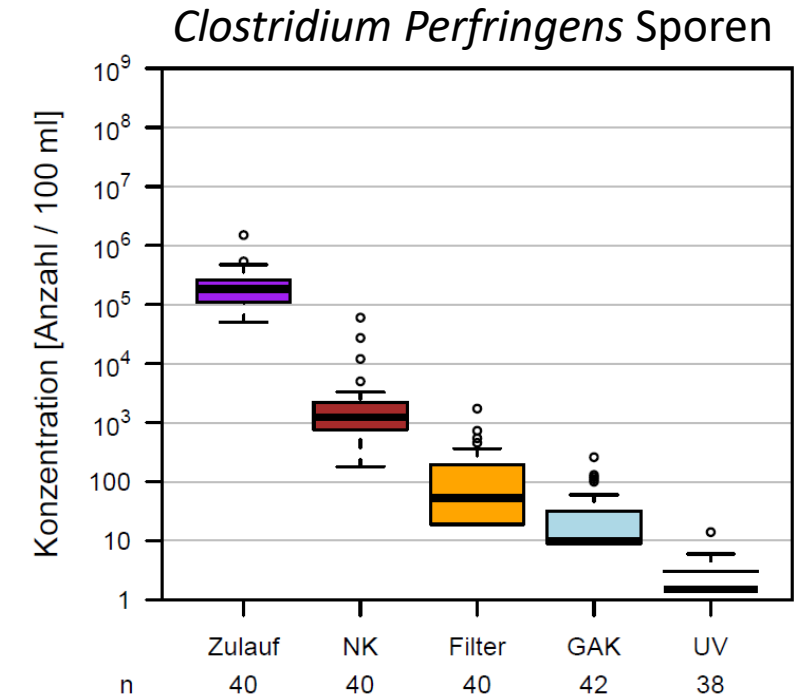
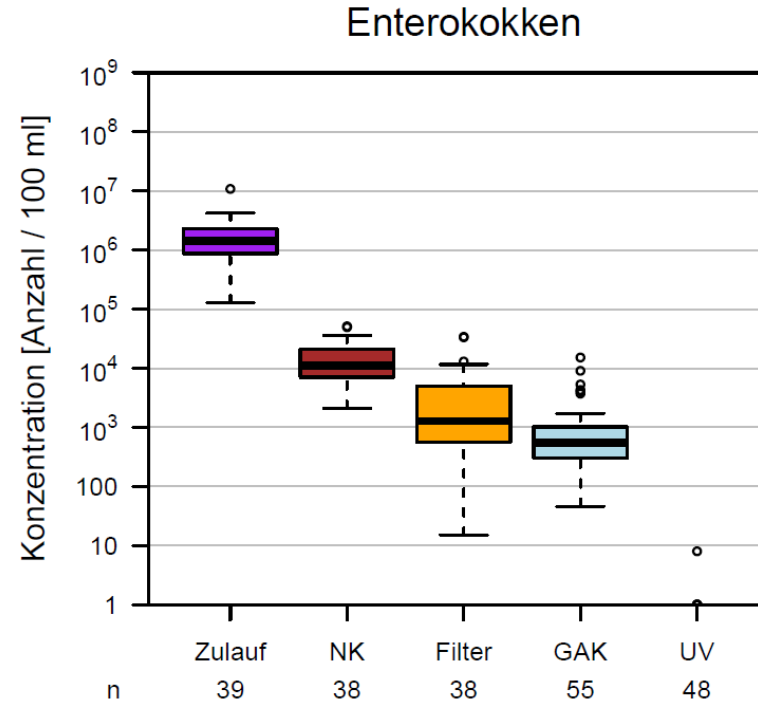
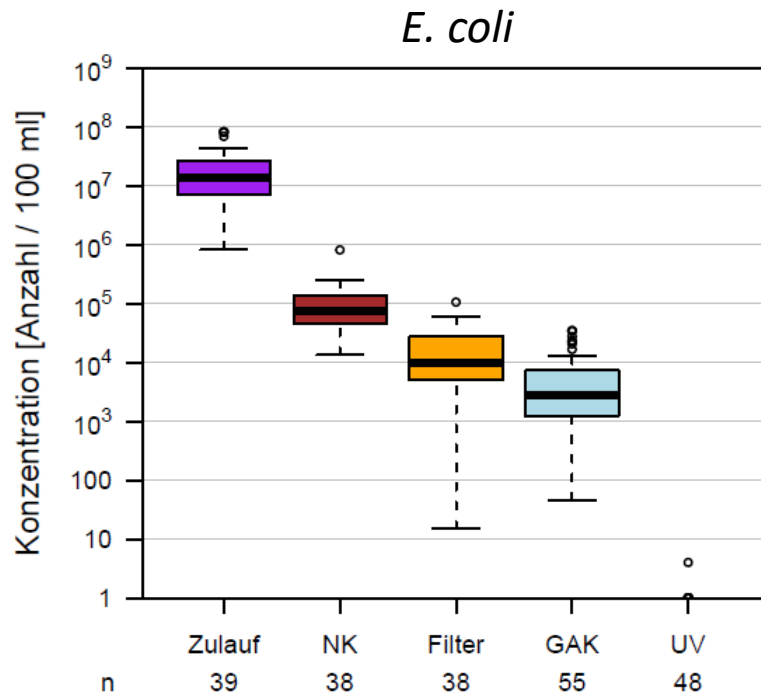
MiBi-Überwachungswerte



Selbst Klasse A-Überwachungswerte sind konsistent erreichbar!

Kreis: Innerhalb der Bestimmungsgrenze
Dreieck: kleiner / größer Bestimmungsgrenze

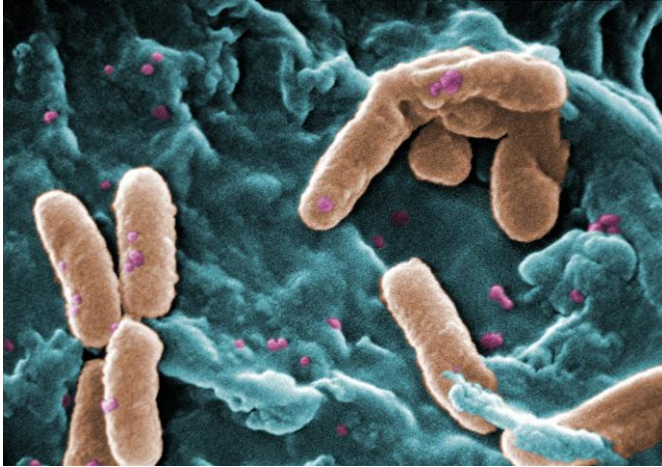
MiBi-Konzentrationen



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: Zusatzbeprobungen



Pseudomonas aeruginosa

Photo Credit: Janice Haney Carr Content Providers(s):
CDC/ Janice Haney Carr, via Wikipedia



Legionella spp.

Bild stellt Legionella pneumophila dar,
Photo Credit: CDC Public Health Image Library,
via Wikipedia

Salmonella spp.

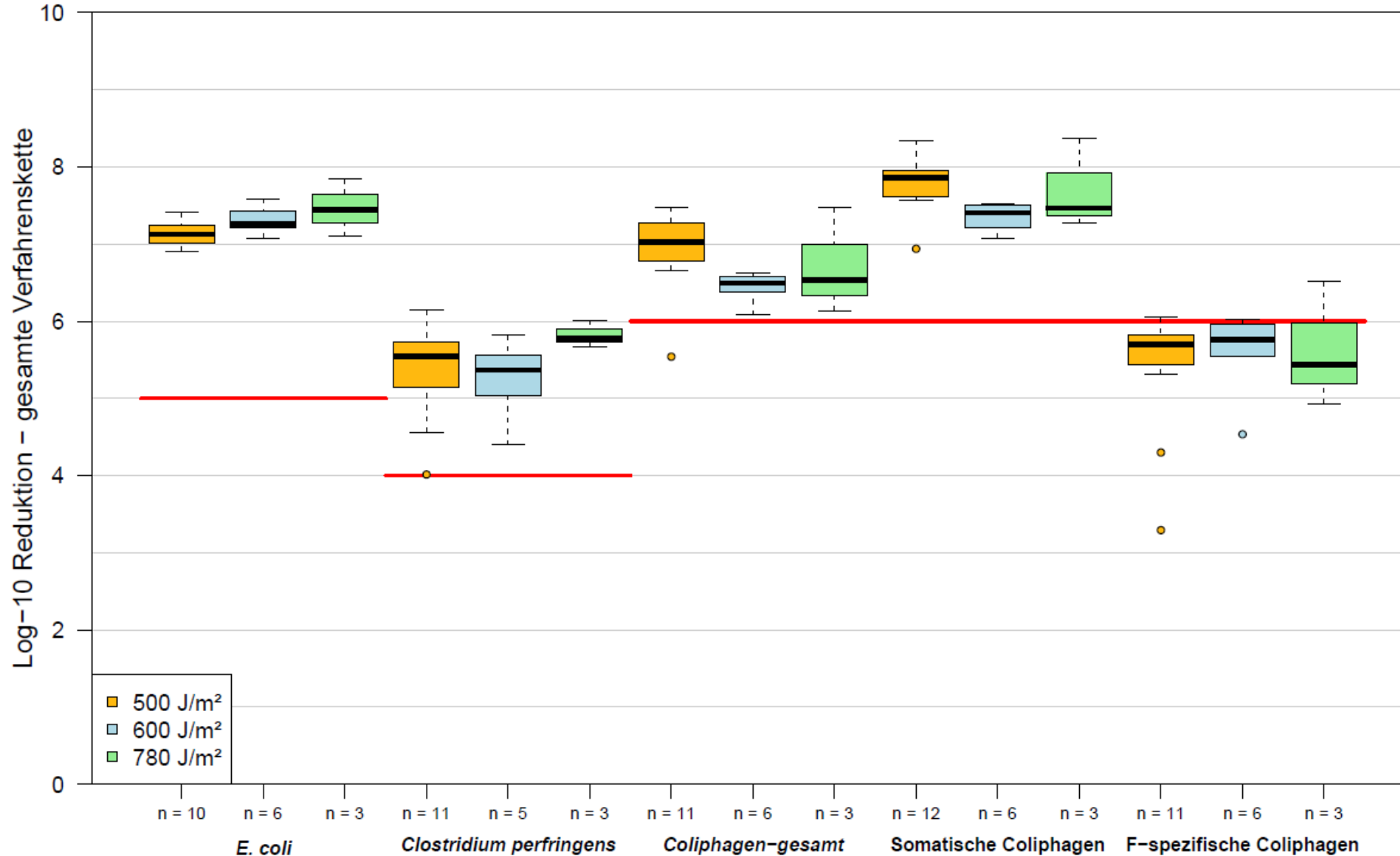
Photo Credit: NIAID,
via Wikipedia



Im Ablauf der UV-Anlage waren alle
Organismen nicht mehr nachweisbar



Validierung des Gesamtprozesses



😊 EU VO 2020/741

😞 DWA M1200

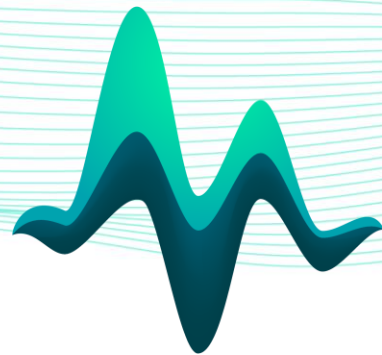
Viele offene Fragen:

➤ BMFTR gefördertes Projekt ‚ValidReuse‘

Fazit



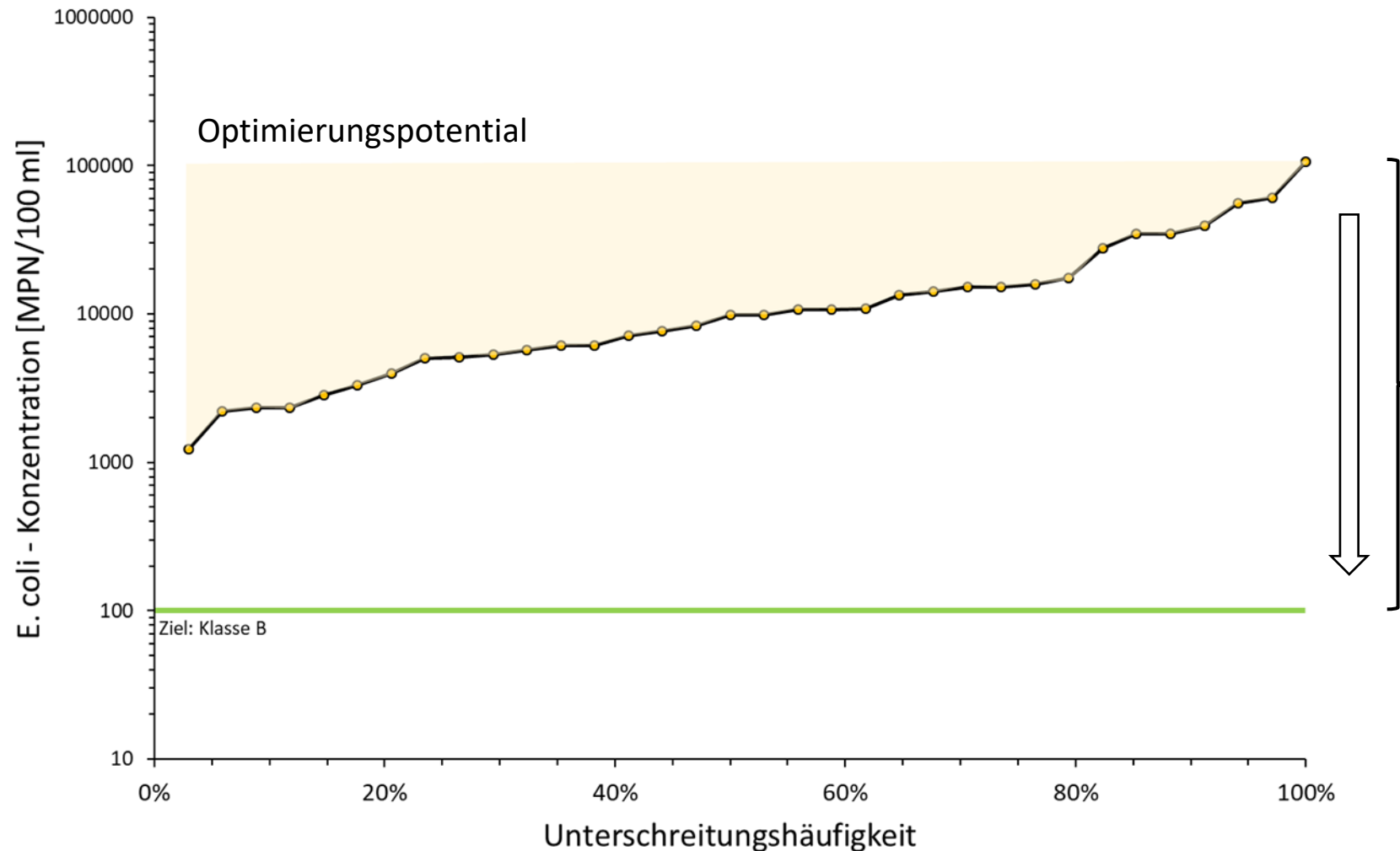
- Aufbereitungsziele (Güteklasse, GK) abhängig von Nutzungsziel
 - Straßenbäume: GK D
 - Parks/Sportplätze: GK C-2/B-2
 - Uneingeschränkt: GK A
- Leistungsfähigkeit der Aufbereitungskette
 - Überwachungswerte für GK A konsistent erreichbar
 - Salmonellen spp., Legionellen spp. und *Pseudomonas aeruginosa* nicht mehr nachweisbar
 - Prozessvalidierung:
Bewertung von Virenindikator (Coliphagen) unklar (offene Fragen → ValidReuse)



DigiWaVe

Entwicklung eines datengetriebenen Modells zur Überwachung und Optimierung der Aufbereitungskette zur Wasserwiederverwendung

Motivation und Zielstellung

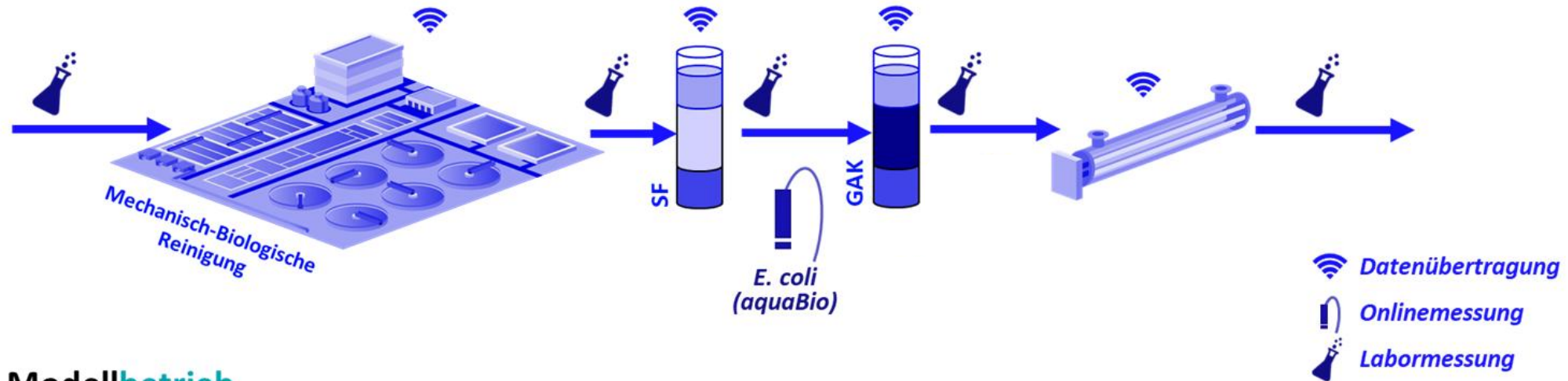


Desinfektionsziel bei unbekannter
E. coli Konzentration
(ggf. zusätzlicher Sicherheitspuffer)

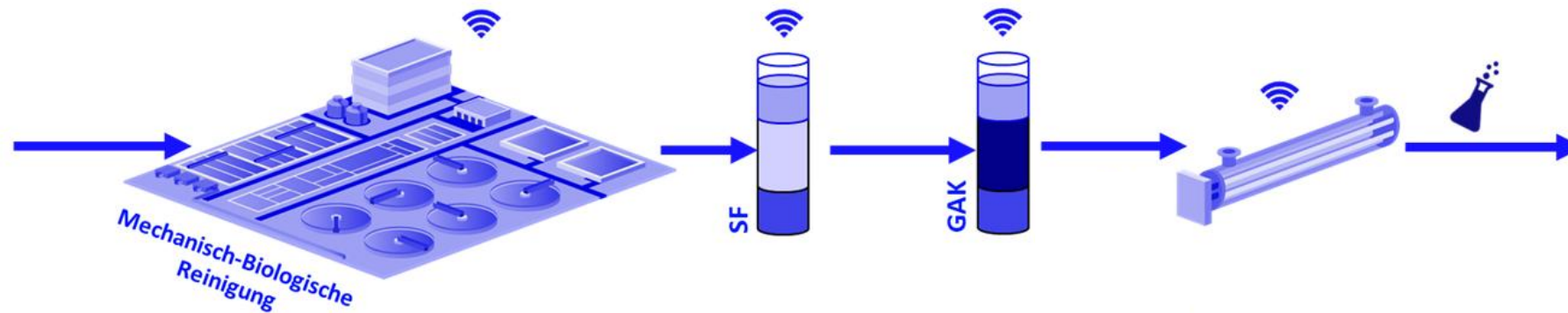
Ansatz



Modell**aufbau**



Modell**betrieb**



Methodischer Ansatz



Modellkette

- Prognose der *E. coli* Konzentration vor der UV-Desinfektion
- Prognose der benötigten UV-Dosis

Modelltraining

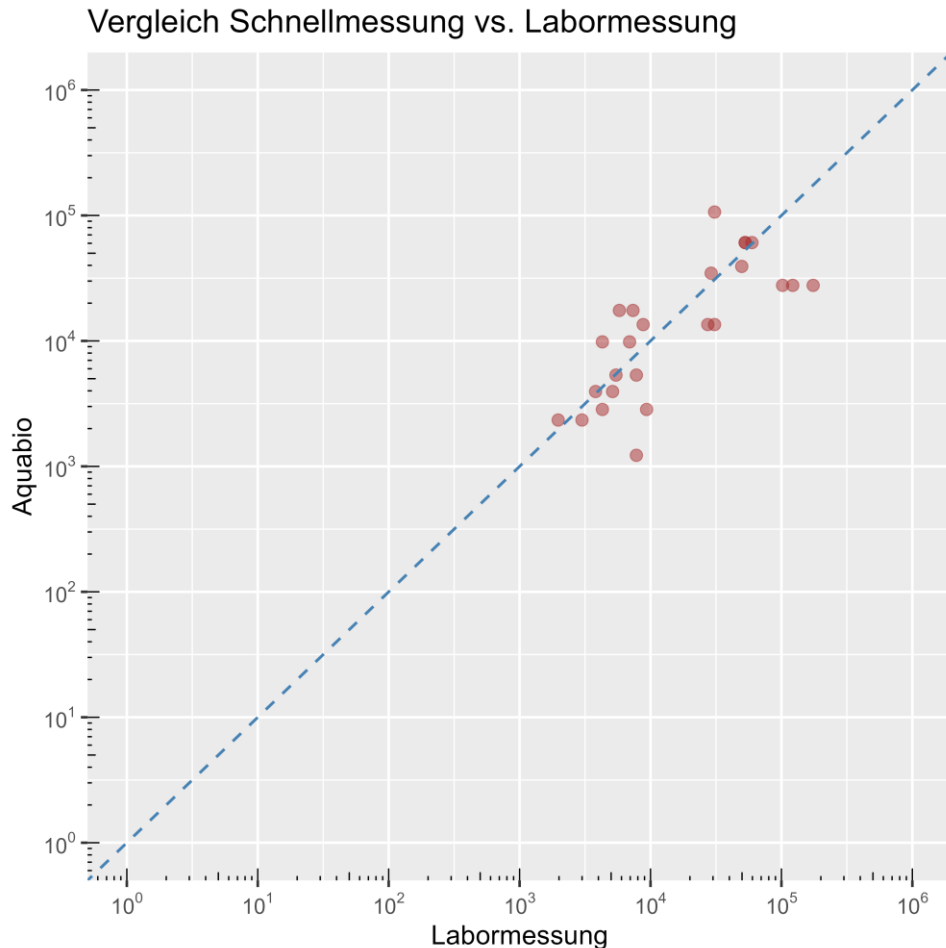
- Daten sammeln (v.a. *E. coli* Schnellmessgerät)
- Test verschiedener Vorhersagealgorithmen

Modellvalidierung

- Wie gut funktioniert die Modellkette in der Praxis?



AquaBio: *E. coli* - Schnellmessgerät



- Liefert vergleichbare Ergebnisse zu Labormessungen
- Messdauer abhängig von *E. coli* Konzentration (ca. 8 h/Probe)

Vorteile:

- Automatisierte Messung rund um die Uhr möglich, auch nachts und am Wochenende

Nachteile:

- Hohe Investitionskosten sowie zusätzliche Betriebskosten
- Regelmäßige Wartung und Auffüllen von Nähr- und Desinfektionslösung notwendig

***E. coli* Prognose: Modellaufbau**



1. Datenaufbereitung

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

2. Generieren von gleitenden 3h-Mittelwerten als Vorhersagevariablen

- 19 Variablen

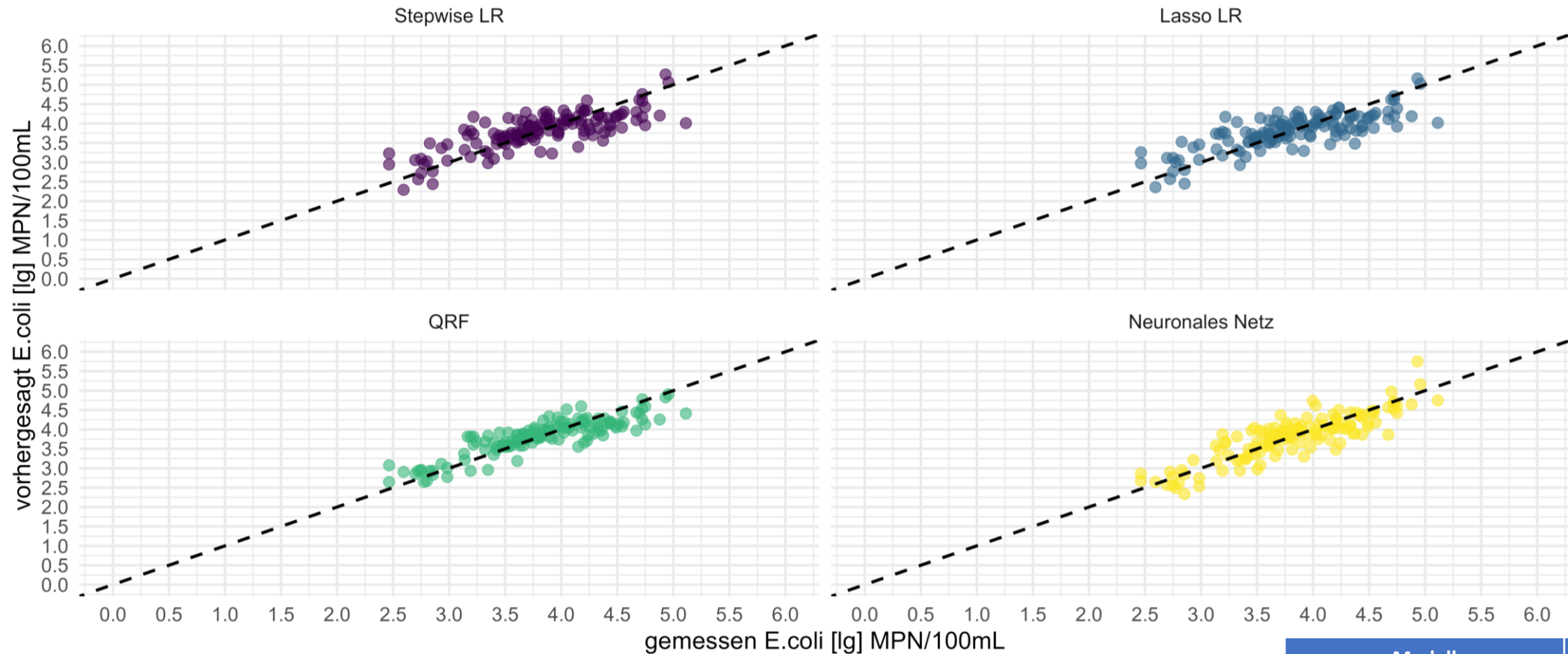
3. Vergleich mehrerer Vorhersagealgorithmen

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

4. Prüfung einer Modellvereinfachung durch Variablenreduktion

- Robustheit / bessere Erklärbarkeit?

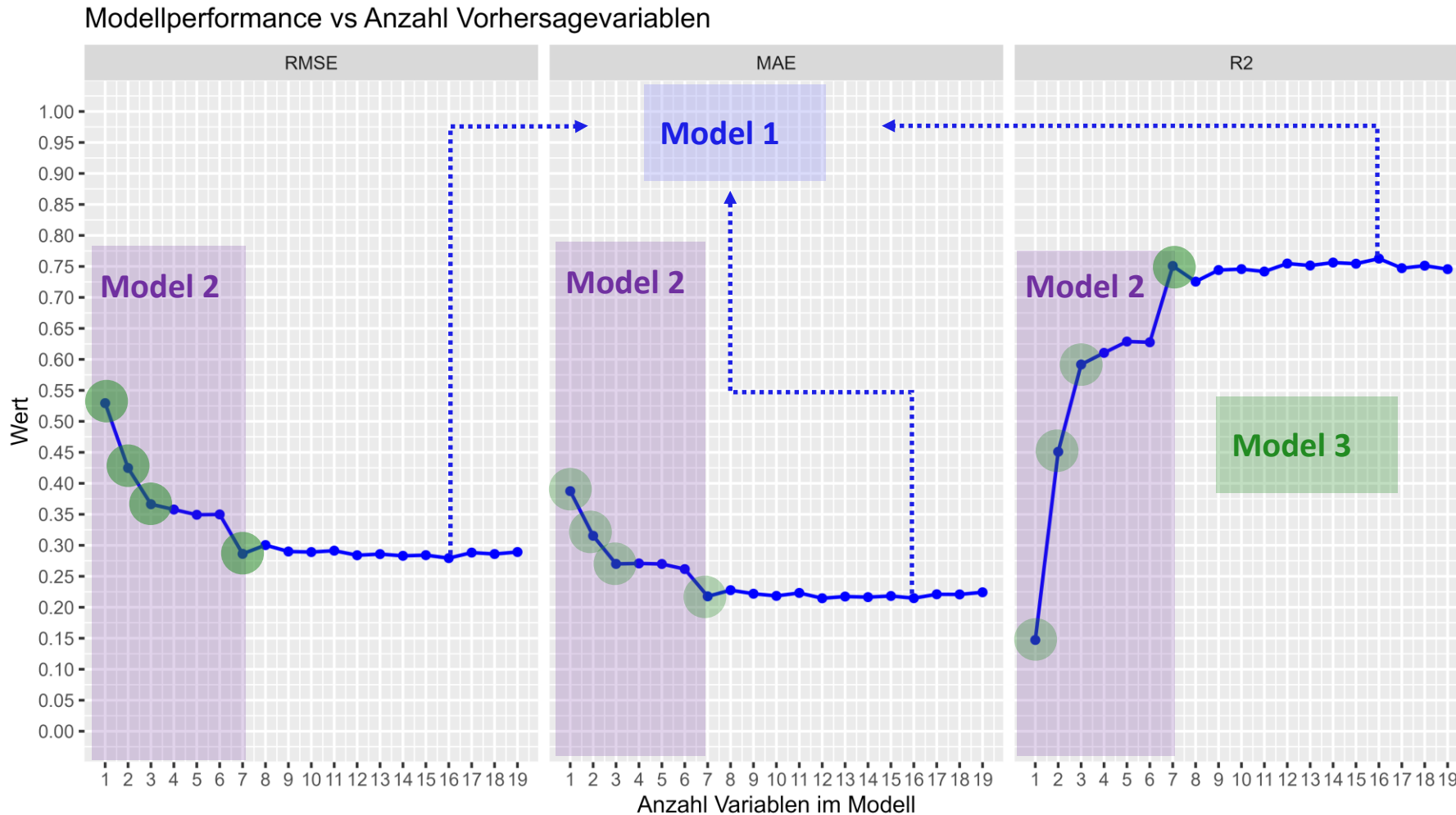
Vergleich Modellalgorithmen (Testdaten)



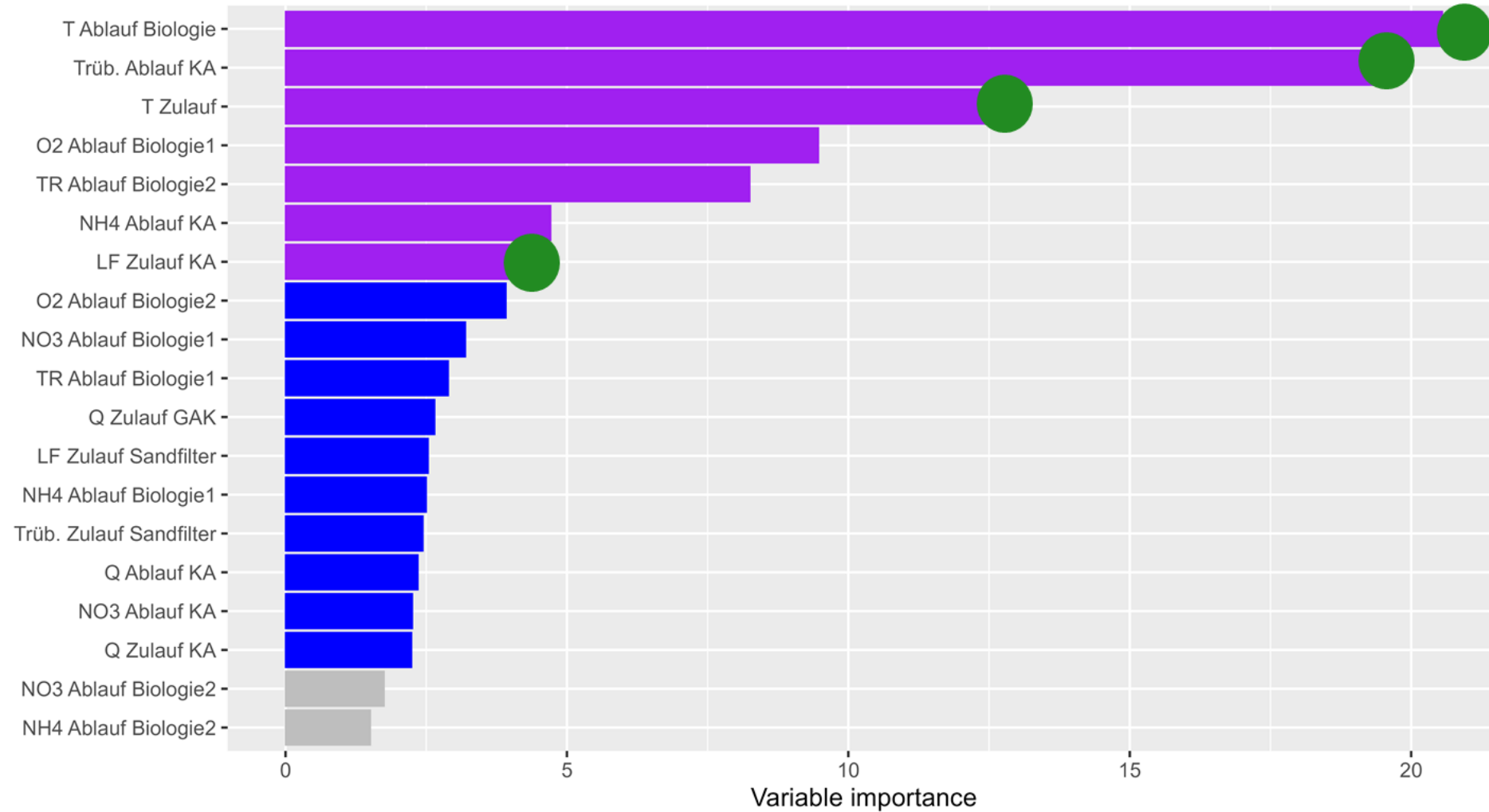
Modell	RMSE	R2
Stepwise Regression	0,36	0,60
Lasso Regression	0,36	0,60
Quantile Random Forest	0,28	0,75
Neuronales Netz	0,30	0,72

RMSE (root mean square error) = Standardfehler der Regression
R2 = Bestimmtheitsmaß

Modellperformance vs. Anzahl der Variablen



Variablennutzung pro Model

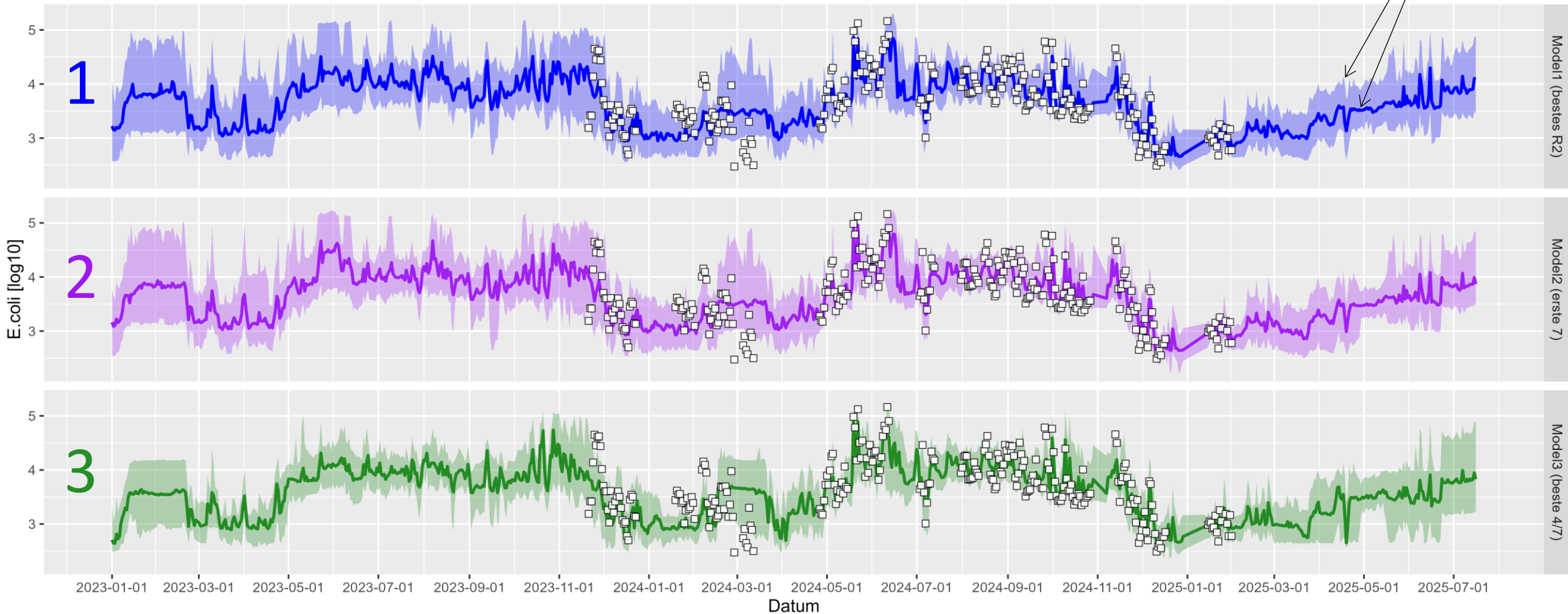


Vergleich Modellprognosen

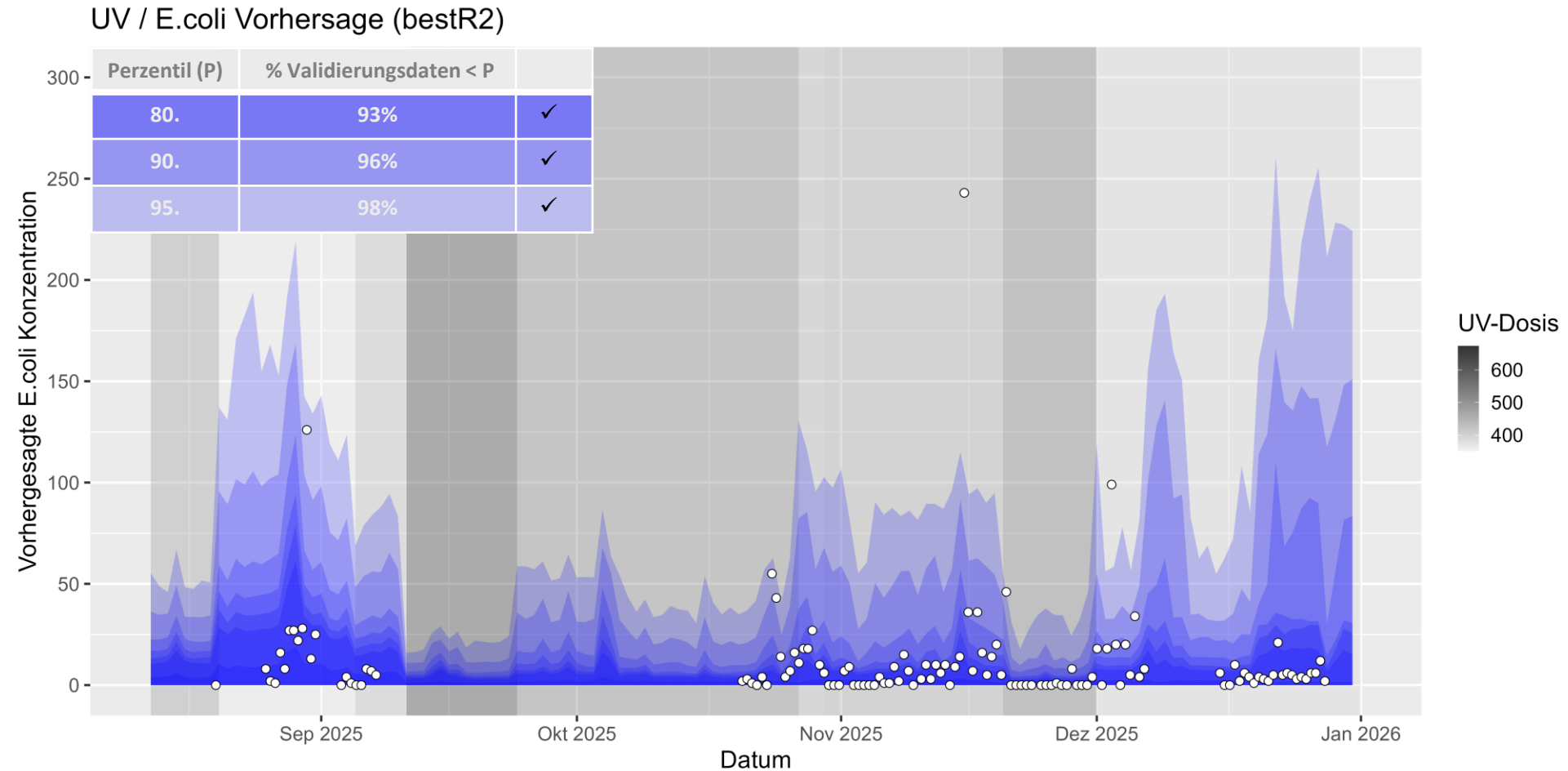


Zeitreihe E.coli Vorhersage vs. Messwerte

90%-Perzentil
Mittelwert



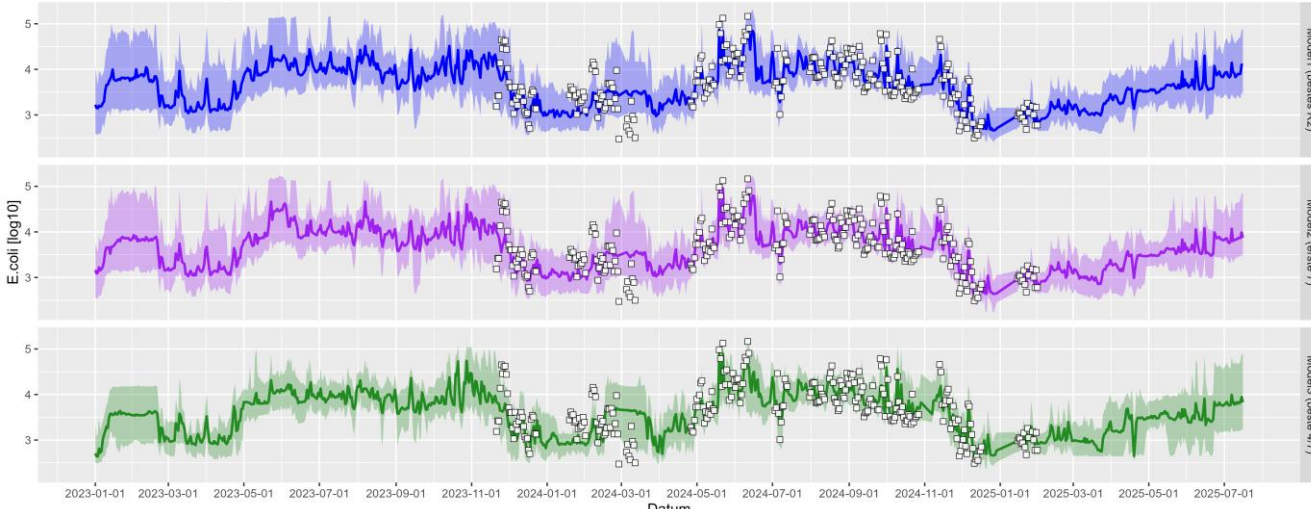
Validierung Ablauf kleine UV-Anlage (n = 126)



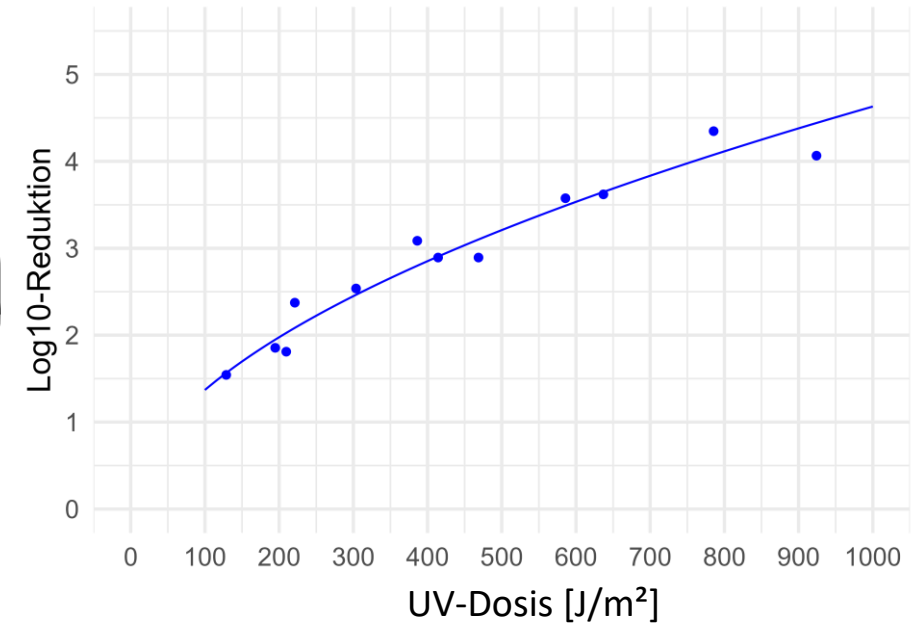
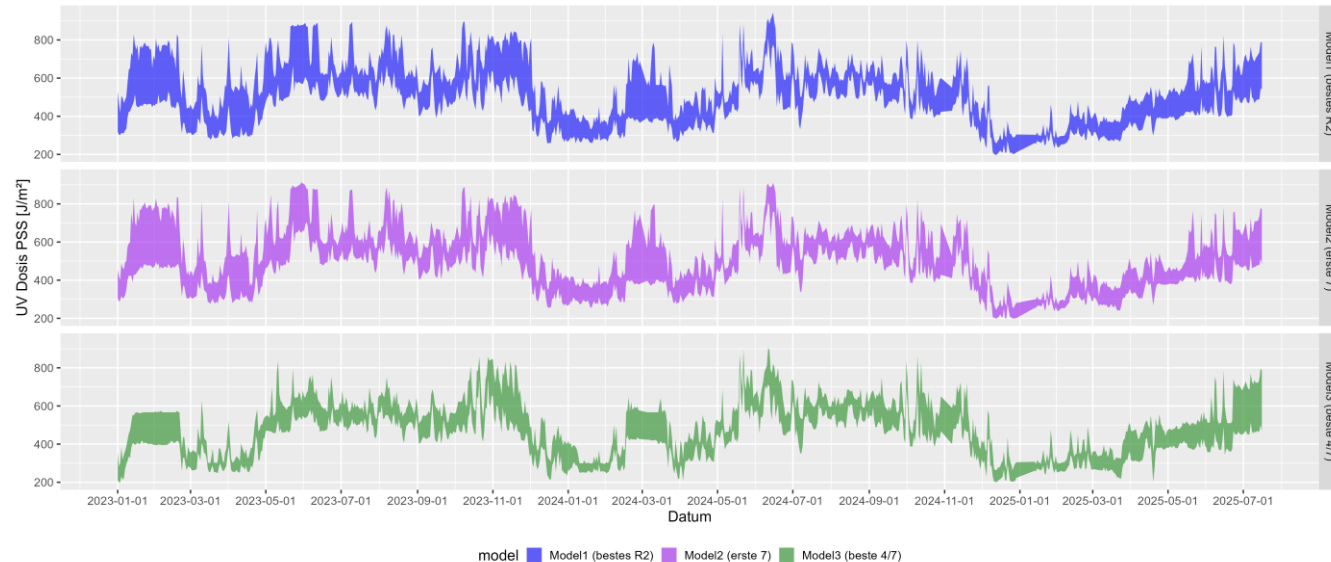
Ableitung der empfohlenen UV-Dosis



Zeitreihe E.coli Vorhersage vs. Messwerte



Zeitreihe empfohlene UV Dosis



Abschätzung Einsparungspotential



Model	Zielwert <i>E. coli</i> / 100mL	Auslegungsgröße	Mittlere UV Dosis J/m^2	Vergleichswert* J/m^2	Verringerung der UV-Dosis
Model 1 (bestes R^2)	50	MW	205	412	50,3 %
	50	P90	324	412	21,5 %
Model 2 (beste 7)	50	MW	203	412	50,7 %
	50	P90	321	412	22,1 %
Model 3 (beste 4/7)	50	MW	193	412	53,2 %
	50	P90	286	412	30,6 %

* Zulauf UV-Desinfektion: 95-Perzentil der Messwerte

Fazit/Ausblick



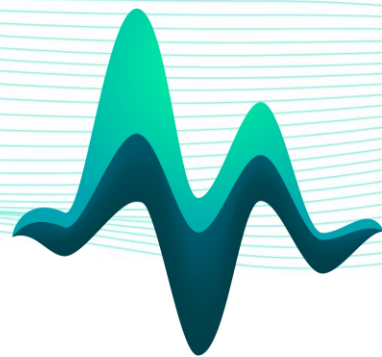
- AquaBio: belastbare und hoch aufgelöste Datensätze, erfordert jedoch regelmäßige Wartung und Betreuung
- Vorhersagealgorithmen: mehrere möglich, bestes Ergebnis mit ‚Random Forest‘
- Reduzierung der Eingangsvariablen (EV):
 - Modell 1: beste Vorhersagen;
 - Modell 3: unterschätzt Laborwerte;
- Optimierungspotential: Reduzierung der mittleren UV-Dosis im Bereich von 20 – 30% möglich
- Prüfung weiterer Anwendungsbereiche:
 - Übertragbarkeit auf andere KA
 - Weitere Anwendungsgebiete (z.B. Badegewässer)
 - Übertragung auf weitere Indikatororganismen (z.B. Enterokokken, Phagen, Sporen)



© Peggy und Marco
Lachmann-Anke via Pixabay



© Peggy und Marco
Lachmann-Anke via Pixabay



DigiWaVe

**Wasserbedarfsprognose und –verteilung
(Tobias Freund, Masasana)**

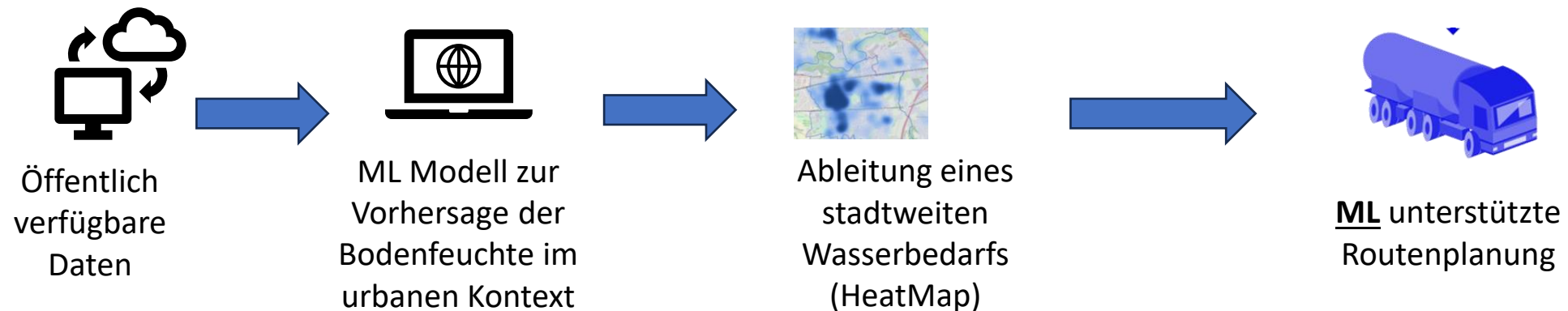
Ziel der Wasserbedarfsprognose



Stand der Technik



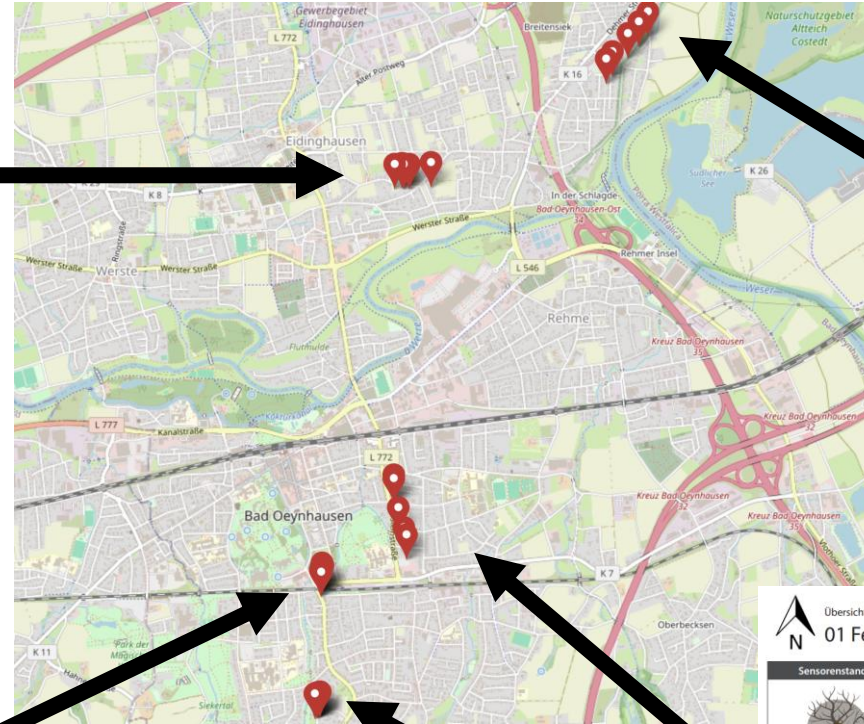
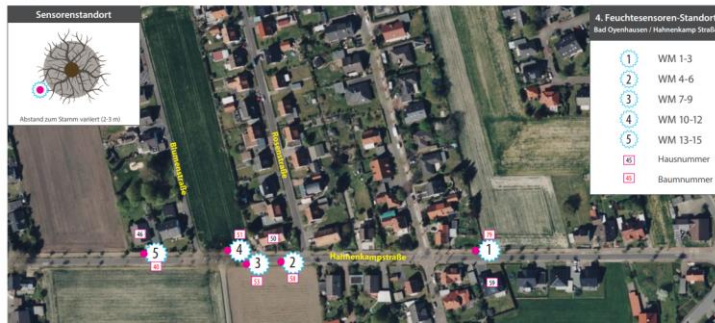
Projektambition



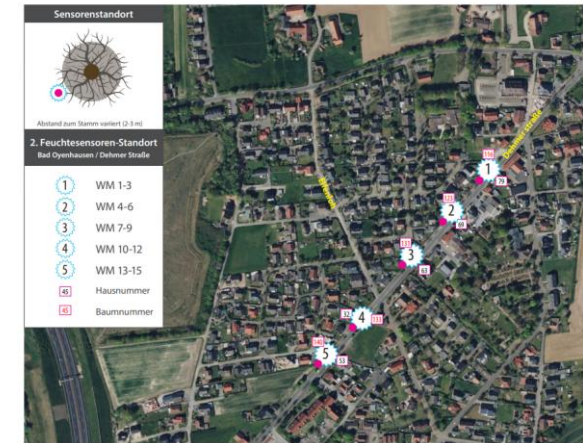
Standorte mit Bodenfeuchtesensoren



Übersichtsplan: Hahnkamp 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)

Impressionen vom Einbau



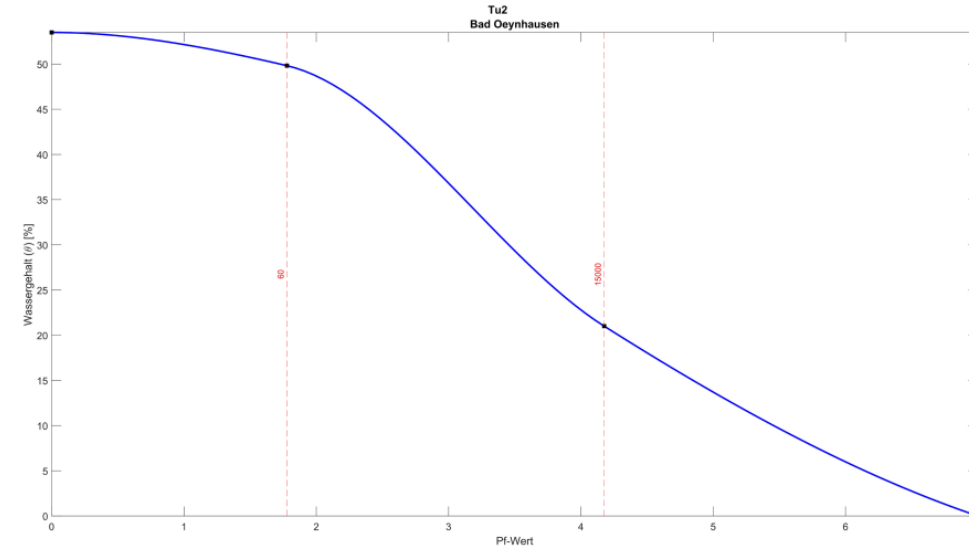
Bodenprofile der Standorte



Bad Oeynhausen
Dehmner Straße



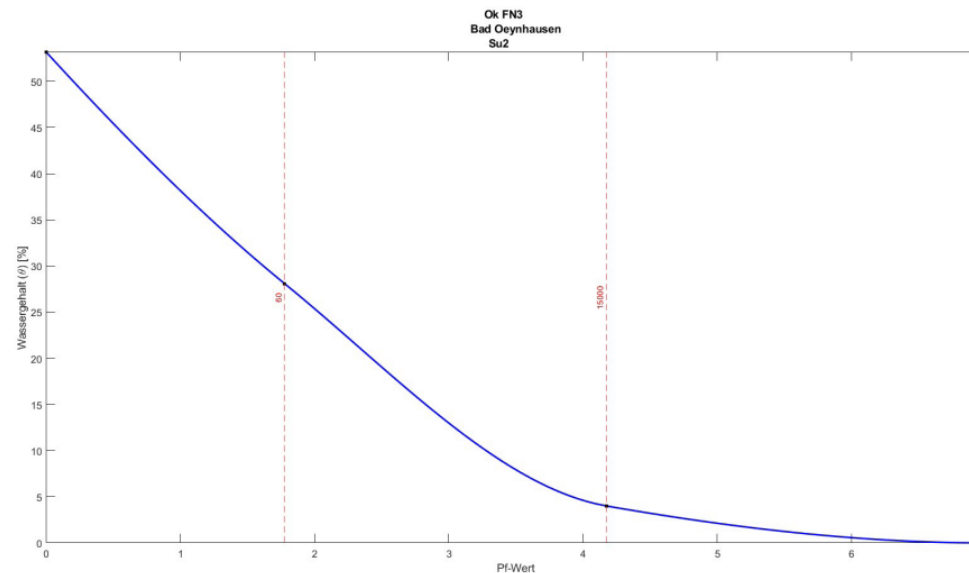
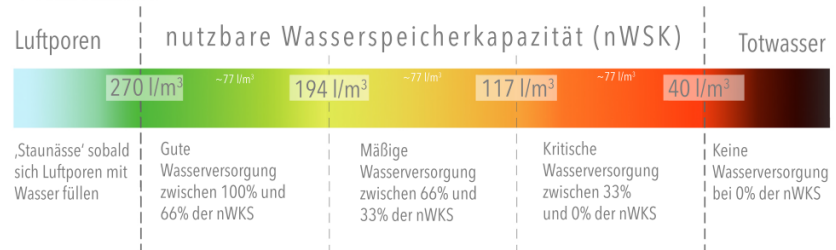
Bodenart: Tu2 (schwach schluffiger Ton)
Gesamtporenvolumen: 55 Vol. %
Luftporenvolumen: 5 Vol. %
nWSK: 29 Vol. %
Totwasser: 21 Vol. %



Bad Oeynhausen
Ostkorso



Bodenart: Su2 (schwach schluffiger Sand)
Gesamtporenvolumen: 53 Vol. %
Luftporenvolumen: 26 Vol. %
nWSK: 23 Vol. %
Totwasser: 4 Vol. %



Impressionen: Aufgezeichnete Daten



Datenaufbereitung und Modellierung



Modellidee:

- Nutzung vergangener Boden- und Wetterzustände zur Prognose zukünftiger Bodenfeuchte

Arbeitsschritte:

- Aggregation der Sensordaten (Tagesmittelwerte)
- Berechnung von Änderungsraten der Bodenfeuchte (value_diff)
- Integration mehrerer Wettervariablen

Verwendete Wetterdaten:

- Niederschlag (heute und gestern)
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit

Ergänzende Datenquellen:

- Satellitenbilder mit geringerer zeitlicher Auflösung
- Ableitung standortbezogener Zusatzinformationen

Was die Daten zeigen

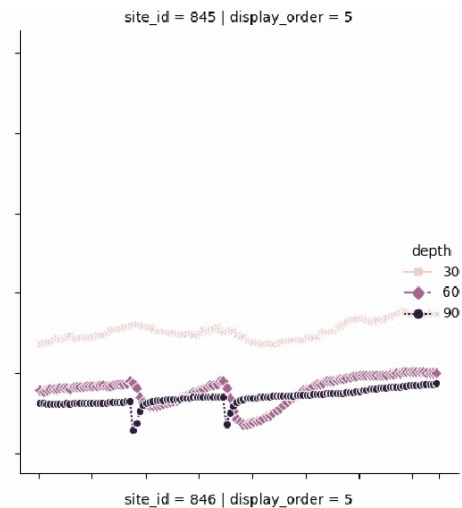
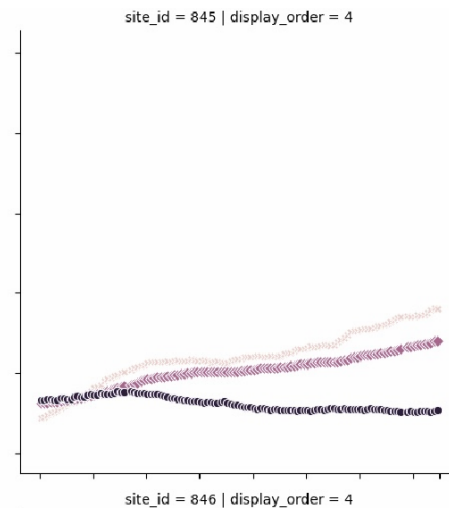
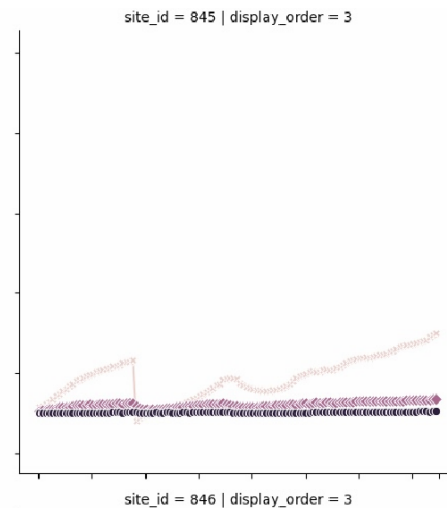
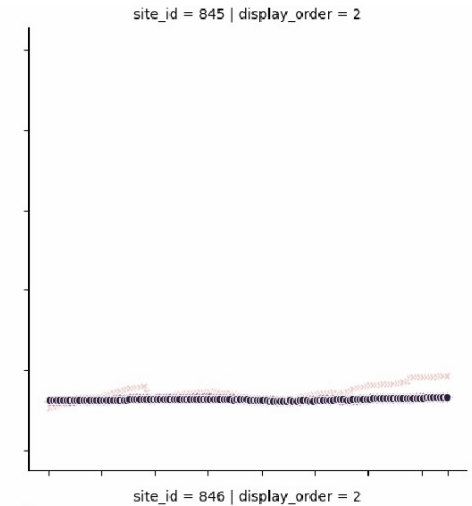
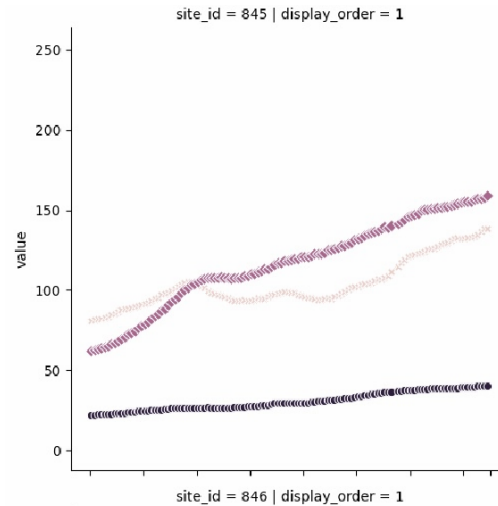


Zentrale Beobachtungen:

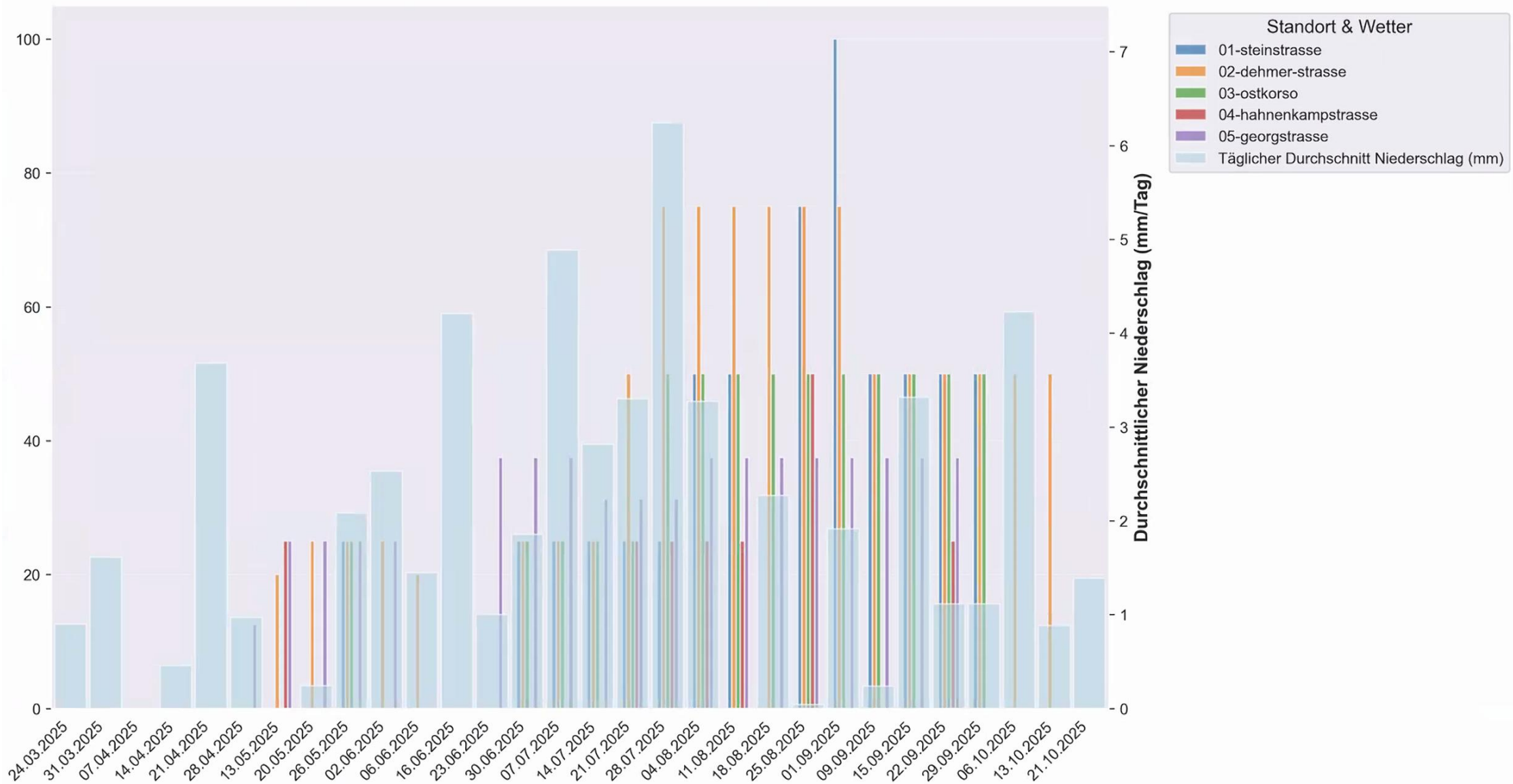
- Bodenfeuchte unterscheidet sich stark nach Tiefe
- Reaktionen auf Niederschlag sind zeitlich verzögert
- Nicht jeder Regen führt zu messbaren Änderungen

Schlussfolgerung :

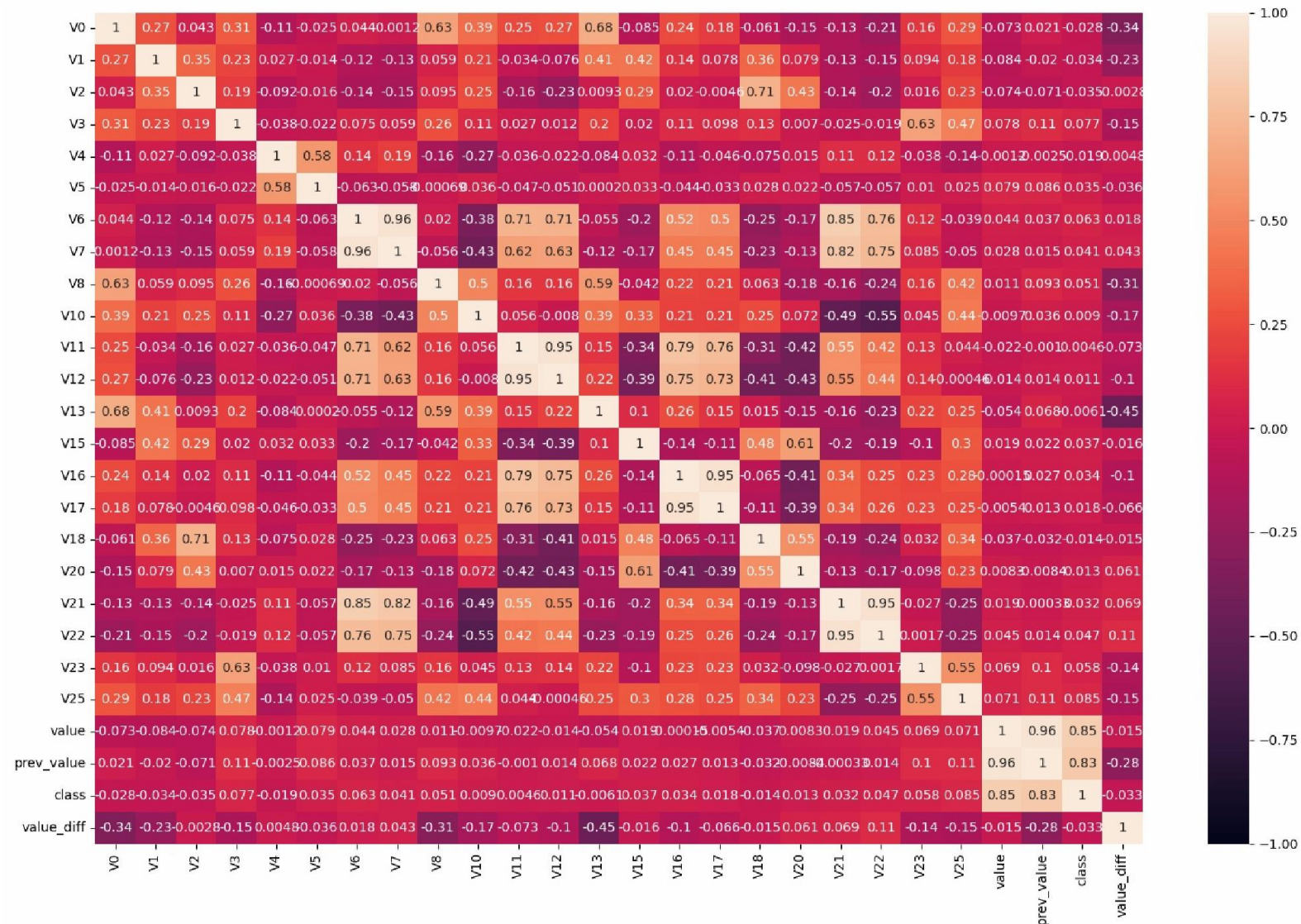
- Die Zusammenhänge sind komplexer als angenommen



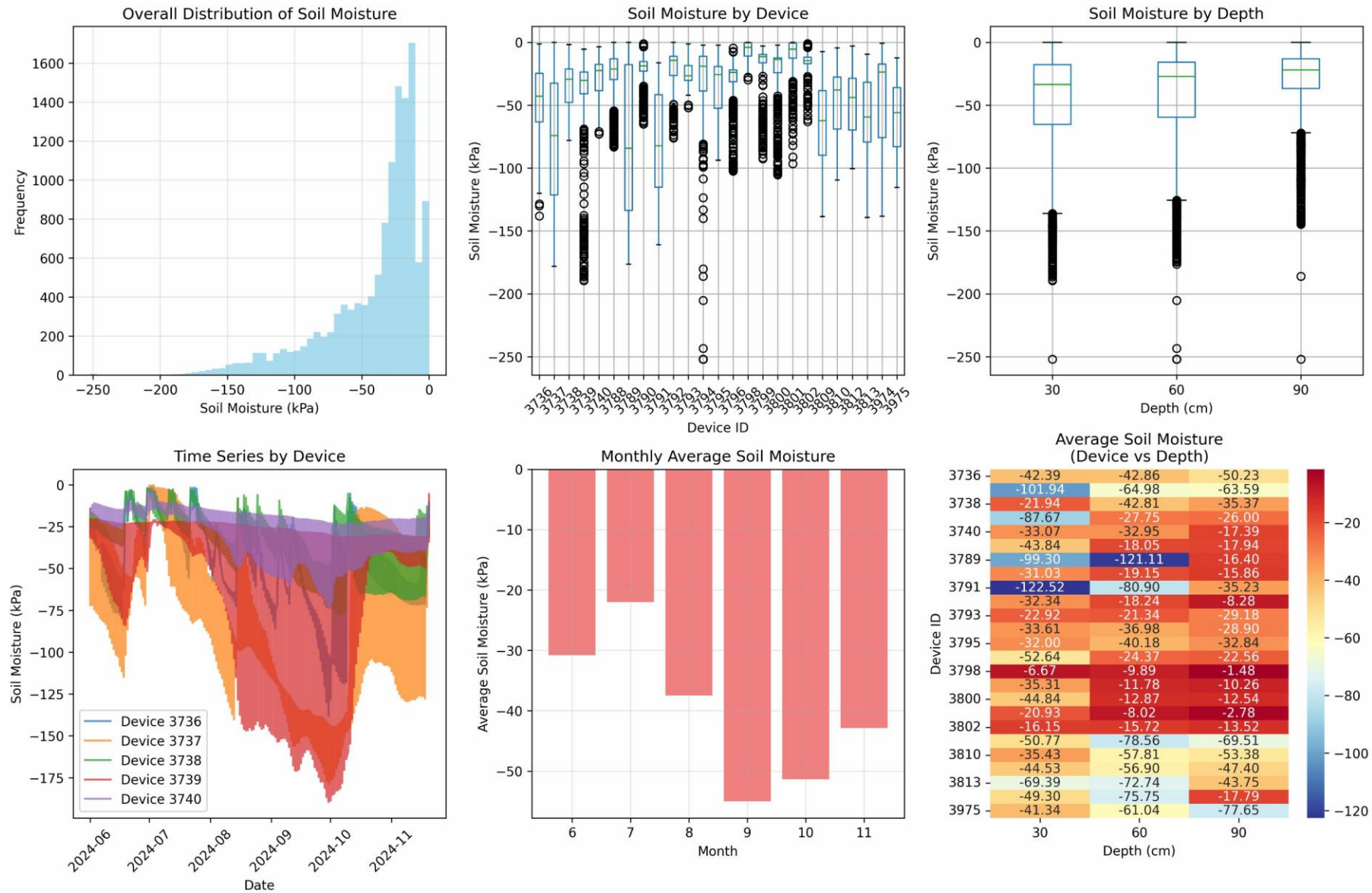
Wassergaben nach Standort über die Zeit



Korrelationsmatrix



Variablenanalyse



Grenzen des Ansatzes



Was nicht wie erwartet funktioniert hat:

- Niederschlag als stabiler erklärender Input
- Direkte Ableitung von Bewässerungs-bedarf aus Bodenfeuchte

Ursachen:

- Punktuelle Sensorik vs. räumlich variabler Regen
- Fehlende Abbildung zentraler Prozesse

Was wurde daraus gelernt



Zentrale Erkenntnisse:

- Verwendete Sensoren sind nur bedingt geeignet für das Monitoring
- Für operative Steuerung sind andere Informationen nötig

Einordnung:

- Bodenfeuchte ist ein Zustandsindikator
- Kein direkter Stellvertreter für Bewässerungsbedarf

Bedeutung für das Gesamtprojekt



Mehrwert der durchgeführten Arbeiten:

- Klare Grenzen datenbasierter Prognosen aufgezeigt
- Wichtige Hinweise für den Einsatz von Sensorik

Konsequenz:

- Anpassung der weiteren Projektarbeit
- Fokus auf robustere, systemische Ansätze

Routenplanung auf Basis von Bedarfskarten

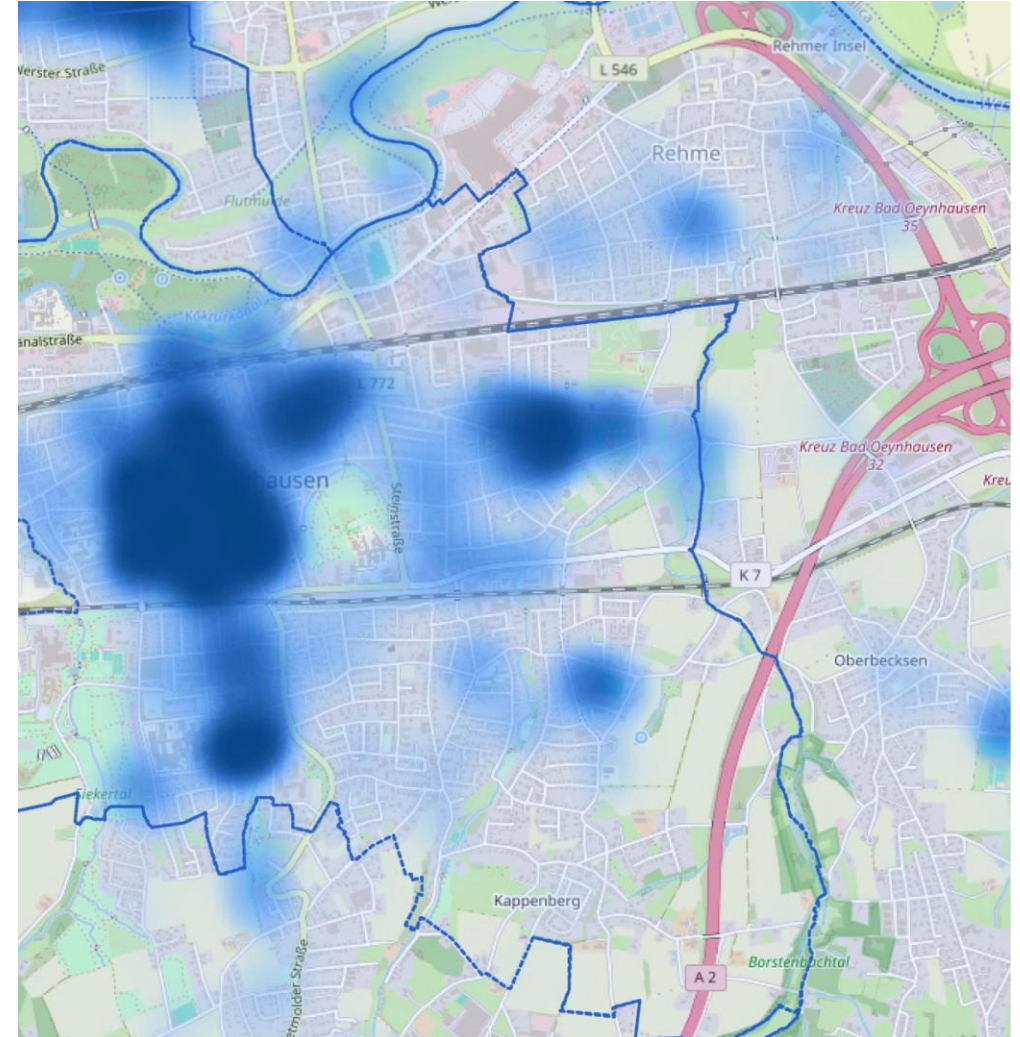


Ansatz zur Routenplanung:

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

Beispiel Bad Oeynhausen:

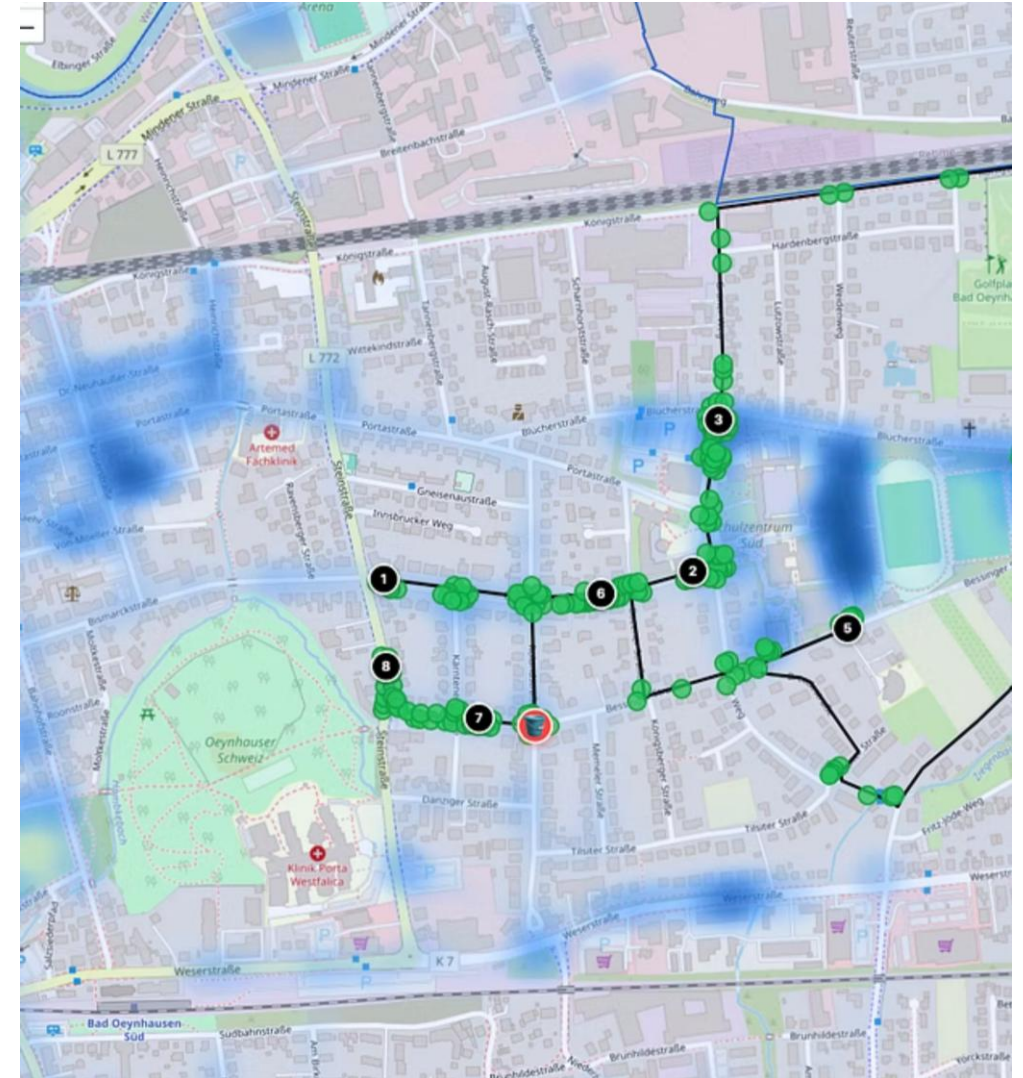
- Farbcodierung nach Bewässerungsbedarf
- Integration in operative Planung
- Berücksichtigung räumlicher Verteilung



Visualisierung der Routenplanung



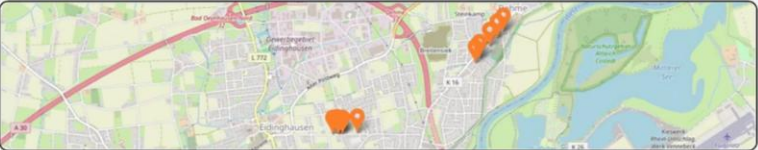
- Basierend auf den Bedarfskarten wird eine optimierte Route für die Bewässerungsfahrzeuge generiert.
- Diese Visualisierung zeigt eine solche Route, die die effizienteste Abfolge der zu bewässernden Flächen darstellt.



Beispiel für Dashboard



Standorte



- 01 - Steinstraße - Reifephase (5x Quercus robur)
- 02 - Dehmer Straße - Reifephase (5x Acer pseudoplatanus)
- 03 - Ostkorso - Reifephase (5x Tilia spec.)
- 04 - Hahnenkampstraße - Jugendphase (5x Crataegus laevigata 'Paul's Scarlet')**
- 05 - Georgstraße - 22/23 (2x Fraxinus spec.; 1x Tilia spec.; 1x Acer spec.; 1x Quercus palustris)



STADTWERKE®
BAD OEYNHAUSEN

Wasserstand Dashboard

 Routen Planer  Wassergabe  Geräte Karte

29/12/2025



30/01/2026

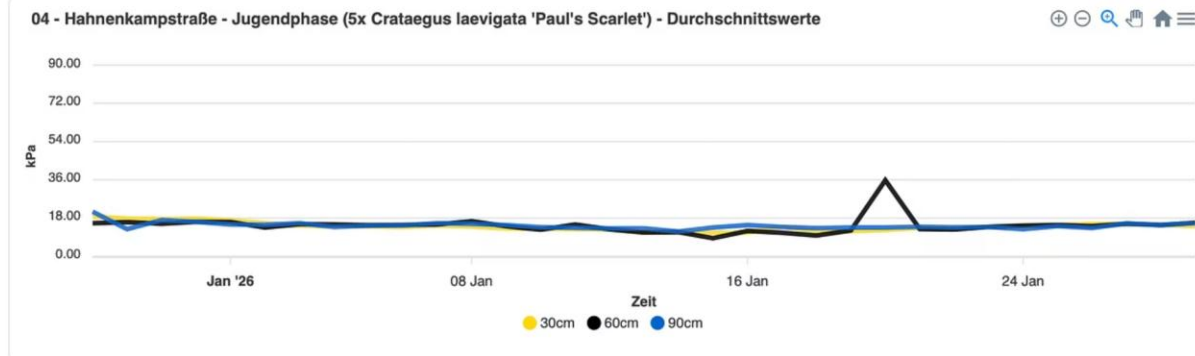
 aktueller Monat

 Wassergabe anzeigen

 2 Probleme

 Geräte vergleichen

Durchschnittswerte des Standorts



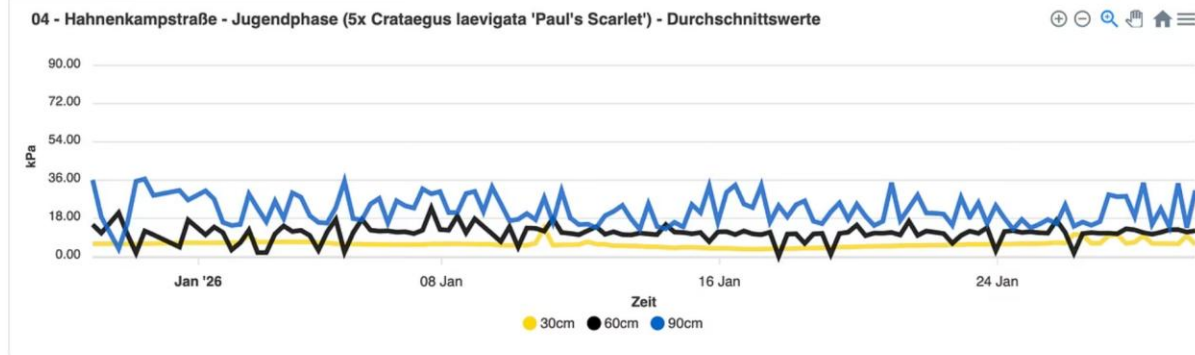
Begebenheit 4.1

Begebenheit 4.2

Begebenheit 4.3

Begebenheit 4.4

Begebenheit 4.5



Fazit

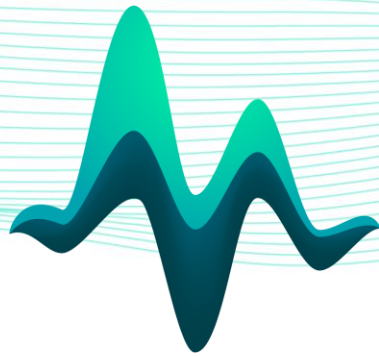


Potenzial des Projekts:

- Ansatz bleibt vielversprechend
- Routenplanung zeigt praktischen Nutzen
- Weitere Entwicklung lohnenswert

Einschränkung:

- Die verwendeten Sensoren sind nicht als zuverlässige Datengrundlage geeignet
- Alternative Datenquellen erforderlich
- Fokus auf robustere Methoden notwendig



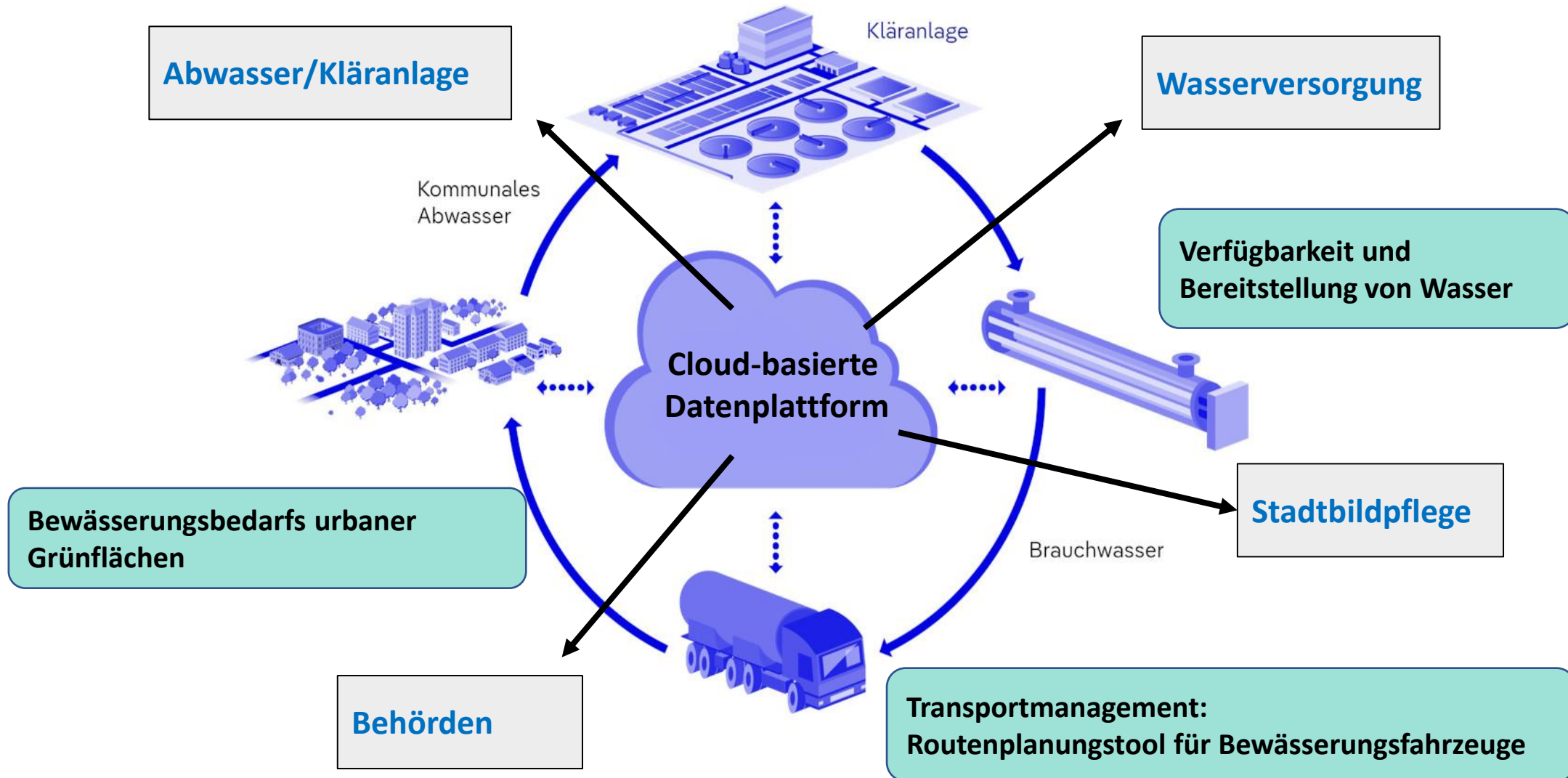
DigiWaVe

Informationsplattform
(Achim Ried, Xylem)

Informationsmanagement



Bereitstellung der erforderlichen Informationen für verschiedene Anwendergruppen



Informationsbedarfe ermitteln



Zusammenführung von isolierten Informationen auf einer zentralen Plattform, um die Interaktion verschiedener Nutzergruppen zu steuern und die Daten in umsetzbare Informationen zu übersetzen

Nutzergruppen:

- Kläranlage
- Grünflächenamt
- Transport - Tankwagen
- Trinkwasserversorgung
- Management Stadtwerke
- Behörden
- Bürger
- Andere



Informationen
Erfassen
Auswerten

Informationsbedarfe:

- Wichtige Kenngrößen
- Visualisierungen
Anlage / Prozess
Karte, Lage
Arbeitsabläufe
Trendlinien
Grenzwerte
Alarme
...

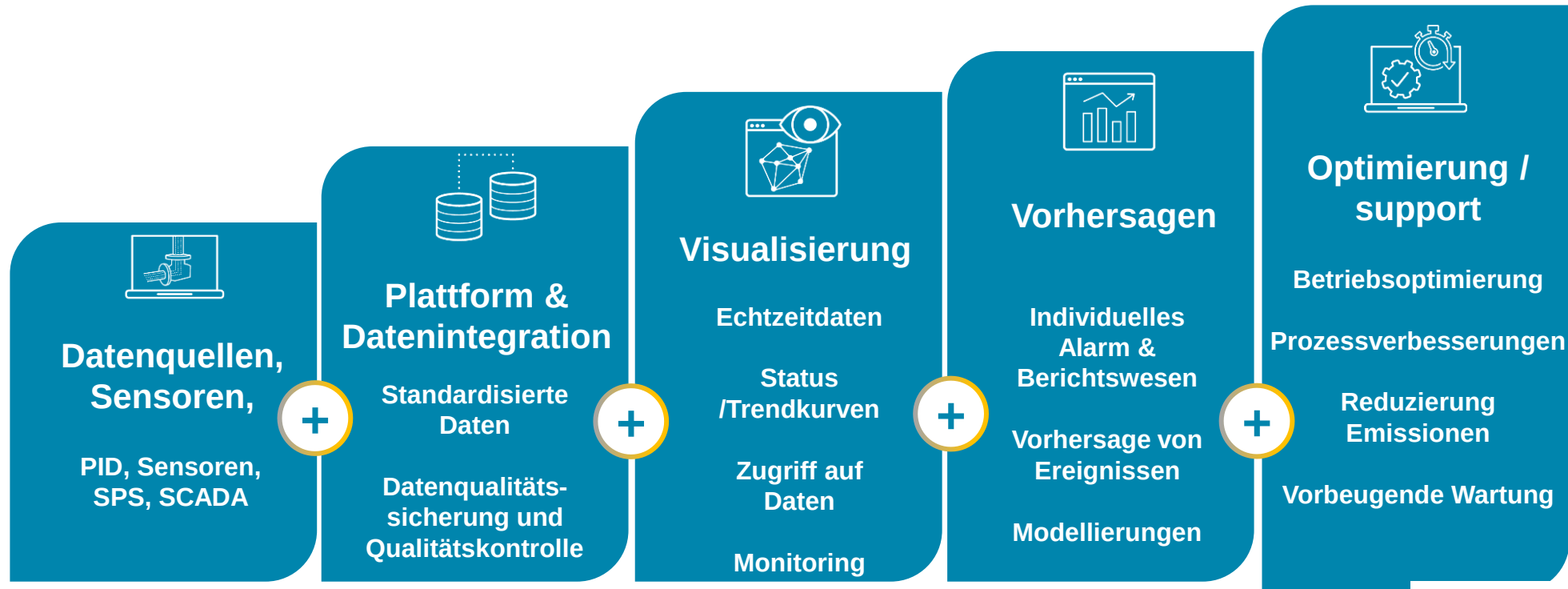


Informations-inhalte
zur Darstellung auf
der Plattform

„Themen-Bereiche“ für Dashboards:

- Gesamtübersicht
- Kläranlage
- UV-Anlage
- Bewässerungsstellen
- Bewässerungsplan
- Andere

Aufbau der Informationsplattform

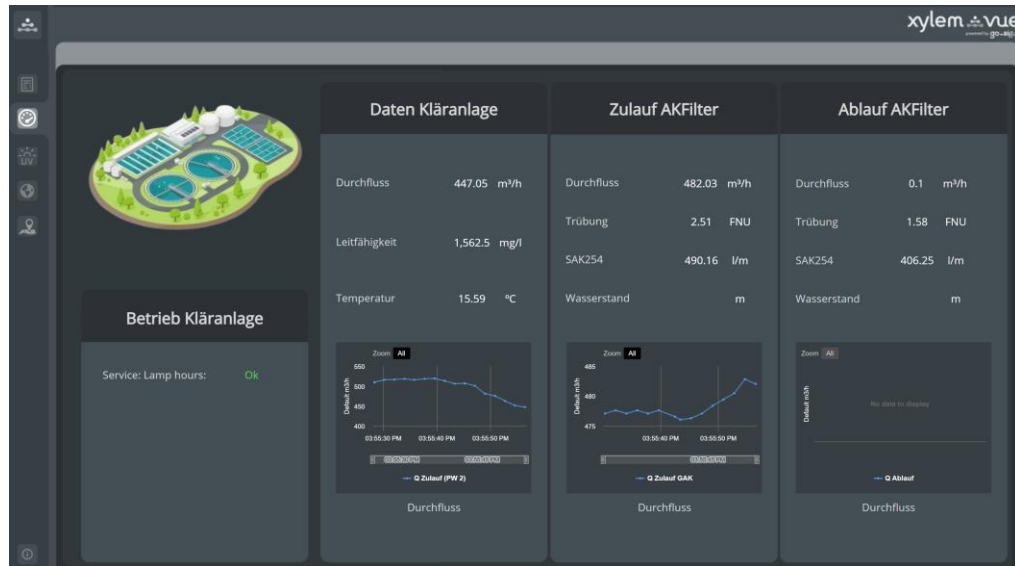


- Einbindung in eine vorhandene Informationsplattform (Xylem Vue)
- Datenintegration der ausgewählten Quellen: Kläranlagendaten, UV-Anlage, Online Sensoren, Masasana (API), Modellierung (KWB)
- Datenanalyse, Darstellung und Visualisierung in Form von Dashboards
- Einhaltung gesetzl. Anforderungen, Audit- und Zertifizierungssicherheit



Informationsplattform

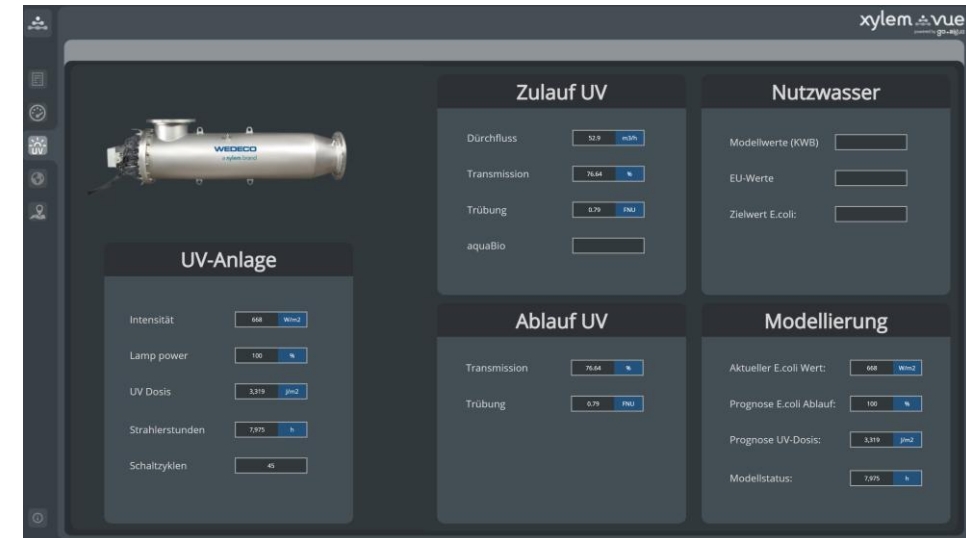
Dashboards: Beispiele



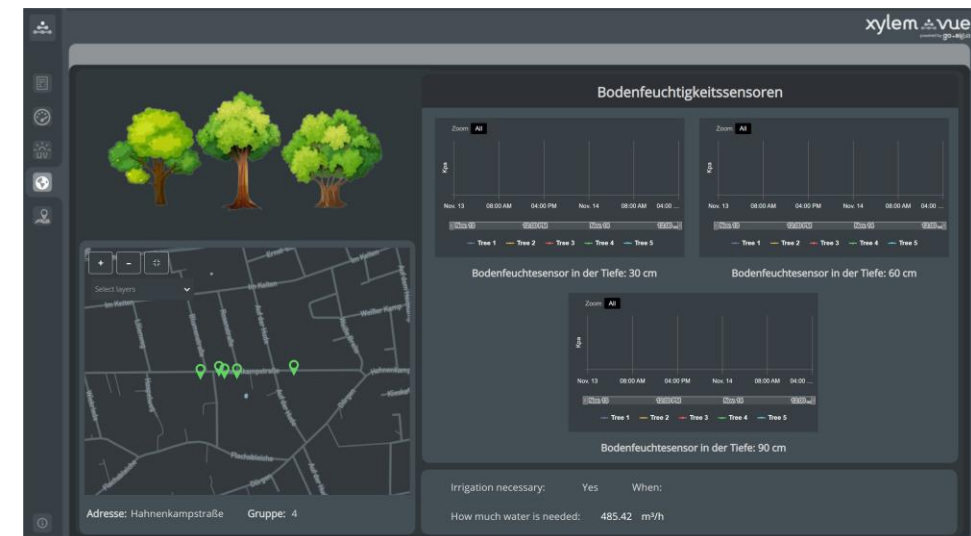
Betriebsdaten Kläranlage

Bereitstellung Bewässerungswasser

xylem vue



Wasserqualität zur Bewässerung



Bewässerungsbedarfe

Status & Ausblick



- Einbindung der neuen “Informationsgehalte-Wasserwiederverwendung” in eine vorhandene Plattform
- “Blaupause” erstellt zur weiteren Optimierung im Betrieb /Anwendung der Wasserwiederverwendung
- Verknüpfung mit vorhandenen Applikationen der Plattform

Vorhandene Applikationen (Auswahl)

xylem  vue

WASSERWERKS-
OPTIMIERUNG

ECHTZEITSIMULATION
NETZ

ECHTZEITSIMULATION
KANALNETZ

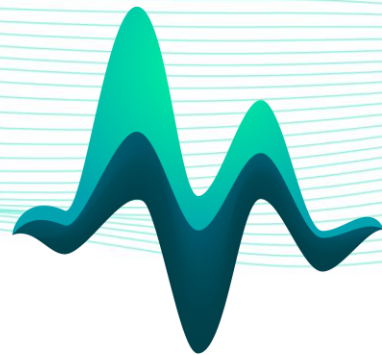
KLÄRANLAGEN
-MANAGEMENT

NETZMANAGEMENT
/ OPTIMIERUNG

LECKAGE-
ERKENNUNG

KANALNETZSTEUERUNG

KLÄRANLAGEN
-OPTIMIERUNG

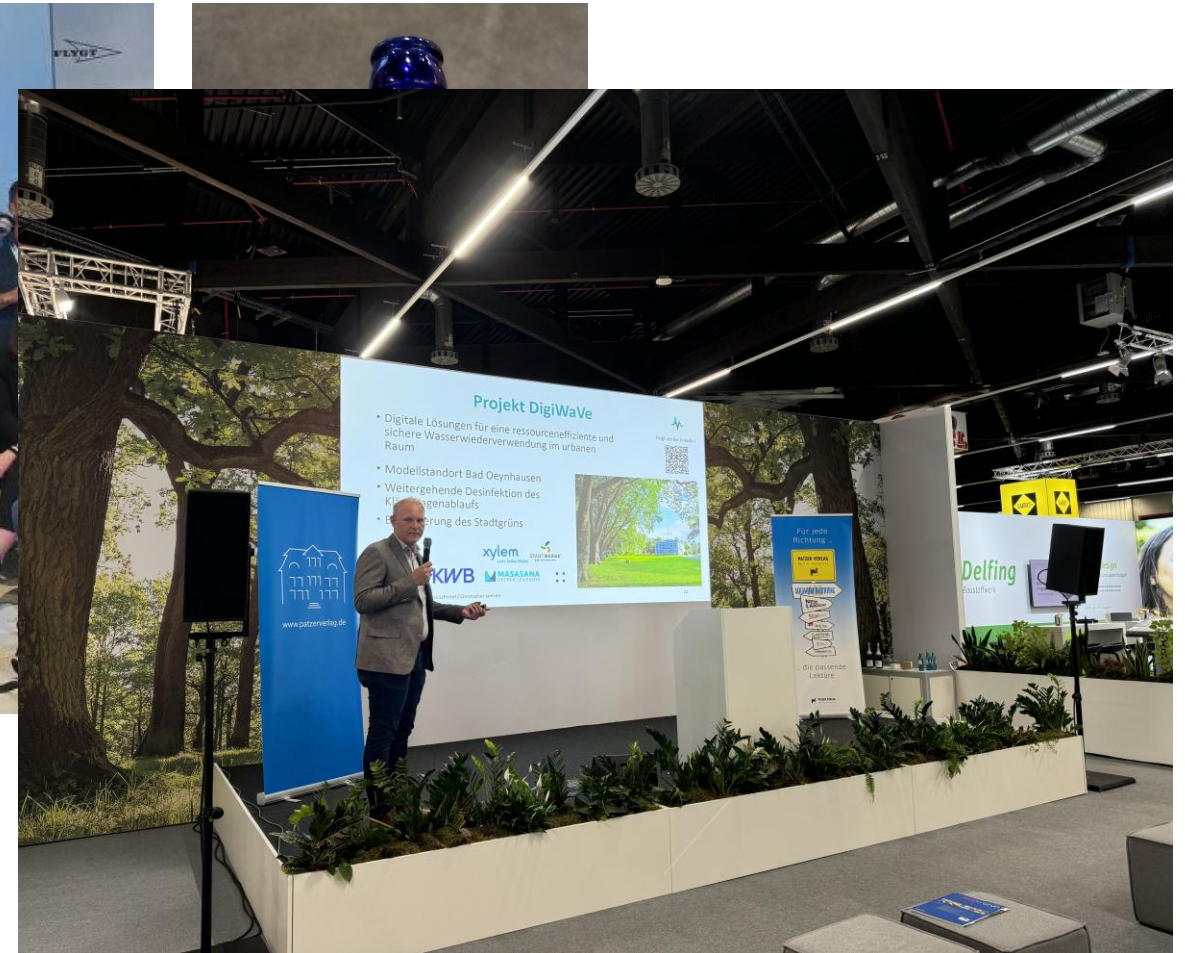
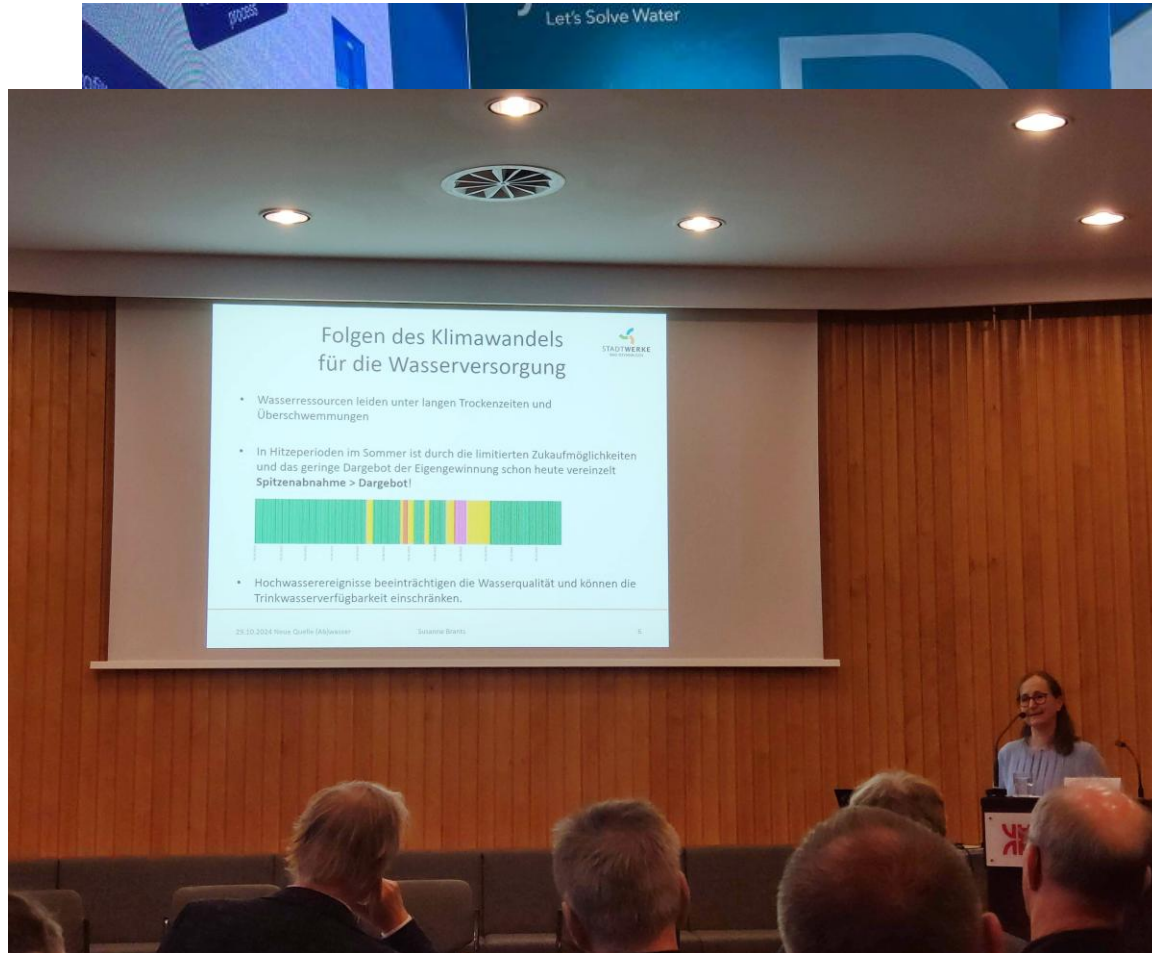


DigiWaVe

Kommunikation

(Susanne Brants, Stadtwerke Bad Oeynhausen)

Wir haben richtig Welle gemacht... 😊





Bewässerung von Stadtgrün mit dem Ablauf kommunaler Kläranlagen

Das Beispiel der Stadt Bad Oeynhausen

■ **Swetlana Schölzel, Christopher Jantzen, Susanne Brants, Jonas Hunsicker** | Aufgrund immer ausgeprägter Trockenperioden und der einhergehenden Wasserknappheit rückt das Thema Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser stärker in den Fokus. So auch in der Region Bad Oeynhausen. Saisonal kommt es dort bereits jetzt schon zu Konflikten hinsichtlich der Wassernutzung zwischen Privathaushalten, Landwirtschaft, Gewerbe und Stadtgrünbewässerung. Dabei spielt Stadtgrün hinsichtlich des Klimawandels und der steigenden Temperaturen eine entscheidende Rolle für klimaresiliente Städte. Um die Bewässerung auch zukünftig sicherzustellen und gleichzeitig die Entlastung der Trinkwasserressourcen zu ermöglichen, bietet sich der Ablauf der Kläranlage Bad Oeynhausen als alternative Quelle für Brauchwasserzwecke an. Die Herausforderungen und Lösungen, die diese Wasserwiederverwendung mit sich bringt, werden im nachstehenden Artikel erläutert.

Wasserwiederverwendung

Begriffsdefinition und Stand der Technik

Unter Wasserwiederverwendung wird die Nutzung von weitergehend behandeltem Abwasser verstanden. Das Abwasser kann hierbei sowohl kommunales Abwasser, Industrieabwasser, Kühlwasser, Regenwasser oder Grauwasser sein. International verbreitete Nutzungen vom weitergehenden behandelten Abwasser sind dabei beispielsweise die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen, Parks und anderen öffentlichen Flächen sowie Toiletenspülungen oder private Gartenbewässerung. Die Wiederverwendung von Wasser erhöht während klimatisch bedingter Dürrephasen die Wasserverfügbarkeit für die Grünflächenpflege. Dabei spielen städtische Grünflächen in Anbetracht der Klimaresilienz von Städten eine besonders wichtige Rolle. Sie regulieren die Stadttemperatur, indem sie zur Kühlung beitragen und „Hitzeinseln“ mindern. Dadurch wird nicht nur die Lebensqualität für den Menschen verbessert, sondern die landwirtschaftliche Biodiversität deutlich erhöht. Aufgrund der Tatsache, dass

Abwasser immer zur Verfügung steht und Niederschlag nicht, kann die Bewässerung durch wiederverwendetes Wasser den Druck auf die Trink- und Grundwasserressourcen minimieren. Gleichzeitig entsteht ein nach-

haltiger Umgang mit der wertvollen Ressource Wasser. In Ländern mit sehr hohem Wasserstress wird bereits die Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung ein-



Kurpark der Stadt Bad Oeynhausen.

Foto: Schölzel Consulting

Bewässerung von urbanem Grün mit wiederverwendetem Abwasser

Ein aktueller Stand der Wasserwiederverwendung

Susanne Brants (Bad Oeynhausen), Swetlana Schölzel, Michael Stapf (Berlin)

Zusammenfassung

Aufgrund immer ausgeprägter Trockenperioden und der einhergehenden Wasserknappheit rückt das Thema Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser stärker in den Fokus, so auch in der Region Bad Oeynhausen. Saisonal kommt es dort bereits jetzt schon zu Konflikten hinsichtlich der Wassernutzung zwischen Privathaushalten, Landwirtschaft, Stadtgrünbewässerung und Gewerbe. Um die Trinkwasserversorgung auch zukünftig sicher aufzustellen, bietet sich der Ablauf der Kläranlage Bad Oeynhausen als alternative Quelle für Brauchwasserzwecke an. Im Rahmen des Forschungsvorhabens DigWave wird die praktische Umsetzung der Wasserwiederverwendung vorbereitet. Dieser Artikel behandelt den aktuellen Stand der Umsetzung, zeigt aktuelle Herausforderungen und die potenziellen Lösungen auf.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunale Wasserversorgung, Wasserwiederverwendung, Abwasser, Kläranlage

DOI: 10.8242/kas2025.06.002

Abstract

Irrigating urban green spaces with reused wastewater

The current status of water reuse

The issue of reusing treated water is coming into sharper focus as periods of drought become increasingly pronounced and water shortages are growing, including in the Bad Oeynhausen area. Seasonal disputes over water use already occur between households, agriculture, municipal green space irrigation, and industry. To safeguard the drinking water supply for the future, effluent from the Bad Oeynhausen wastewater treatment plant is being considered as an alternative source for service water. The DigWave research project is laying the groundwork for the practical application of water reuse. This article discusses the present status of implementation, identifies current challenges, and explores potential solutions.

Keywords: Wastewater treatment, municipal water supply, water reuse, wastewater, wastewater treatment plant

1 Einführung in die Wasserwiederverwendung

Wasserwiederverwendung beschreibt die Verwendung von aufbereitetem Wasser für nützliche Zwecke (zum Beispiel Bewässerung, urbane Anwendungen) zur Substitution anderer Wasserressourcen. Als Quelle für das Abwasser können zum Beispiel kommunale oder industrielle Kläranlagen dienen. Auch Grauwasser oder industrielle Prozesswässer eignen sich, je nach Anwendungszweck, für die Wiederverwendung [1]. Häufige Einsatzbereiche sind die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen, Parks, andere öffentliche Grünflächen, Toiletenspülungen oder private Gartenbewässerung.

Die Wiederverwendung von Wasser erhöht während klimatisch bedingter Dürrephasen die Wasserverfügbarkeit unter anderem für die Grünflächenpflege. Dabei spielen urbane Grünflächen in Anbetracht der Klimaresilienz von Städten eine besonders wichtige Rolle. Sie regulieren die Stadttemperatur, indem sie zur Kühlung beitragen und „Hitzeinseln“ mindern. Dadurch wird nicht nur die Lebensqualität für den Menschen verbessert, sondern die unversichtliche Biodiversität deutlich erhöht [2]. Aufgrund der Tatsache, dass Abwasser immer zur

Verfügung steht und Niederschlag nicht, kann die Bewässerung mit weitergehend aufbereitetem Abwasser den Druck auf die Trink- und Grundwasserressourcen verringern. Gleichzeitig entsteht ein nachhaltiger Umgang mit der wertvollen Ressource Wasser.

2 Rechtlicher Rahmen

2020 wurde die EU-Verordnung 2020/741 über „Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung zur landwirtschaftlichen Bewässerung“ auf europäischer Ebene erlassen [3]. Seit Juni 2023 gilt diese Verordnung auch auf nationaler Ebene und bildet bisher die einzige rechtliche Grundlage zur (landwirtschaftlichen) Wiederverwendung in Deutschland. Die Verordnung regelt neben einheitlichen Mindestanforderungen an die Wasserqualität und die Überwachung auch das Risikomanagement und die Bestimmungen zur Datentransparenz. Die verschiedenen Anforderungen an die Aufbereitung des Wassers richten sich je nach der Art der landwirtschaftlichen



Swetlana Schölzel; Dr. Ulf Mieke; Susanne Brants; Stefan Dück

Von der vierten Reinigungsstufe zur Wasserwiederverwendung

Aufgrund immer ausgeprägter Trockenperioden und der einhergehenden Wasserknappheit rückt das Thema Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser stärker in den Fokus. So auch in der Region Bad Oeynhausen, in der kürzlich ein Water-Reuse-Projekt gestartet wurde.

In der Region Bad Oeynhausen kommt es in den Monaten April bis Oktober saisonal zu Konflikten hinsichtlich der Wassernutzung zwischen Privathaushalten, Landwirtschaft, Stadtgrünbewässerung und Gewerbe. Um die Trinkwasserversorgung auch zukünftig sicher aufzustellen, bietet sich der Ablauf der Kläranlage Bad Oeynhausen als alternative Quelle für die Brauchwassernutzung an. Seit November 2022 befindet sich eine vierte Reinigungsstufe mit granulierter Aktivkohlefiltration im Regelbetrieb (granulierte Aktivkohlefiltration). Diese soll nun im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsvorhabens „DigWave“ um eine UV-Desinfektion erweitert und die praktische Umsetzung am Beispiel der Stadtgrünbewässerung erprobt werden.

Begriffsdefinition Wasserwiederverwendung

Unter Wasserwiederverwendung wird die Nutzung von aufgereinigtem Abwasser verstanden. Das Abwasser kann hierbei sowohl kommunales Abwasser, Industrieabwasser, Kühlwasser, Regenwasser oder Grauwasser sein. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes „Nutzwasser“ (Fördermaßnahme Wave II) wurde die Bezeichnung Nutzwasser für diese Art von Wasser definiert [2]. Je nach geplanter Nutzung muss das Wasser der Kläranlage so weit aufbereitet werden, dass eine sichere Wasserwiederverwendung möglich ist. International verbreitete Nutzungen des Wassers sind dabei beispielsweise die

Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen, Parks und anderen öffentlichen Flächen sowie Toiletenspülungen oder private Gartenbewässerung. In Ländern mit sehr hohem Wasserstress wird bereits die Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung eingesetzt.

Rechtlicher Rahmen

Die EU-Verordnung über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung wurde 2020 erlassen [3]. Die Verordnung soll dabei die unter Druck geratenen Wasserressourcen entlasten, Wasserknappheiten vorbeugen und eine Verschlechterung der Wasserqualitäten verhindern [4]. Es wird darin in erster Linie die landwirt-

Tab. 1: Mindestanforderungen an die Wasserqualität zur landwirtschaftlichen Verwertung gemäß EU-Verordnung [3]

Mindestgütemasse des aufbereiteten Wassers	Zielvorgabe für die Technik	Qualitätsanforderungen				
		E. coli [Anzahl/100 ml]	BSB5 [mg/l]	TSS [mg/l]	Turbidität [NTU]	Sonstige
A	Zweitbehandlung, Filtration und Desinfektion	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1.000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht
B	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 100	gemäß Richtlinie 91/271/EWG (Anh. I Tab. 1)		–	Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 EU/liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
C	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 1.000			–	
D	Zweitbehandlung und Desinfektion	≤ 10.000			–	



DigiWaVe – Ein Water Reuse Projekt

Digitale Lösungen für die
Wasserwiederverwendung im urbanen Raum

Umweltdienstleistungen • Bad Oeynhausen
1 Tsd. Follower:innen • 2 – 10 Beschäftigte



Episode 9: Verliebt in Abwasser – wie...

Digital GreenTech – der
Podcast über Umwelttechni...





Danke!

Brants, Susanne

Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

s.brants@stadtwerke-badoeynhausen.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

Wasserwiederverwendung – Muss das sein?

xylem
Let's Solve Water


STADTWERKE®
BAD OEYNHAUSEN

... und es läuft!

KWB

 **MASASANA**
DEEPER LEARNING

:: SCHÖLZEL CONSULTING



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt


STADTWERKE®
BAD OEYNHAUSEN

Ein Blick zurück

Wasserknappheit Ende der 50er Jahre

§ 2

In den im § 1 genannten Gebieten ist untersagt:

a) Wasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz

1. ungenutzt abfließen zu lassen,
2. für Reinigung, Staubbinderung u. Abkühlung von Wegen, Straßen, Plätzen und Gebäuden, sowie für die Füllung von privaten Garten- und Hausschwimmanlagen, Planschbecken und Einrichtungen ähnlicher Art zu verwenden.

b) mit fließendem Wasser aus dem Trinkwassernetz

1. Fahrzeuge, soweit sie nicht die Beförderung von Kranken und unverpackten, sauberen Lebensmitteln sowie dem öffentlichen Verkehr dienen, zu waschen und zu reinigen.
2. Rasenflächen, Haus- und Kleingärten zu bewässern und zu sprengen.

Entwurf
einer Verordnung über die Einschränkung des Verbrauchs von Trinkwasser.

Auf Grund des § 30 des Gesetzes über den Aufbau und die Befugnisse der Ordnungsbehörden-Ordnungsbehördengesetz (OBG) vom 16. Oktober 1956 (GS.NW.S.155) wird hiermit zur Abwendung der drohenden Trink-

Ämter Dützen und Rehme, sowie der und für das Gebiet des Amtes Löhne Wasser aus den Wasserwerken des gebirge in Dützen, der Stadt Bad sorgt wird, folgende Verordnung

ung umfaßt:

ausen

meinden: Rehme, Lohse, Eidinghausen, Wenke, Wulferdingen, Volmerdingsen und Dehme

meinden: Löhne, Gohfeld, Mennighöfen und Oberbeck

emeinden: Haverstädt, Büllhorst, Dützen, Haddenhausen, Rothensuffeln u. Unterlütke

st untersagt:

nkwassernetz

n,

u. Abkühlung von Wegen, Straßen, für die Füllung von privaten Garten-Planschbecken und Einrichtungen

rinkwassernetz

die Beförderung von Kranken und smitteln sowie dem öffentlichen nd zu reinigen.

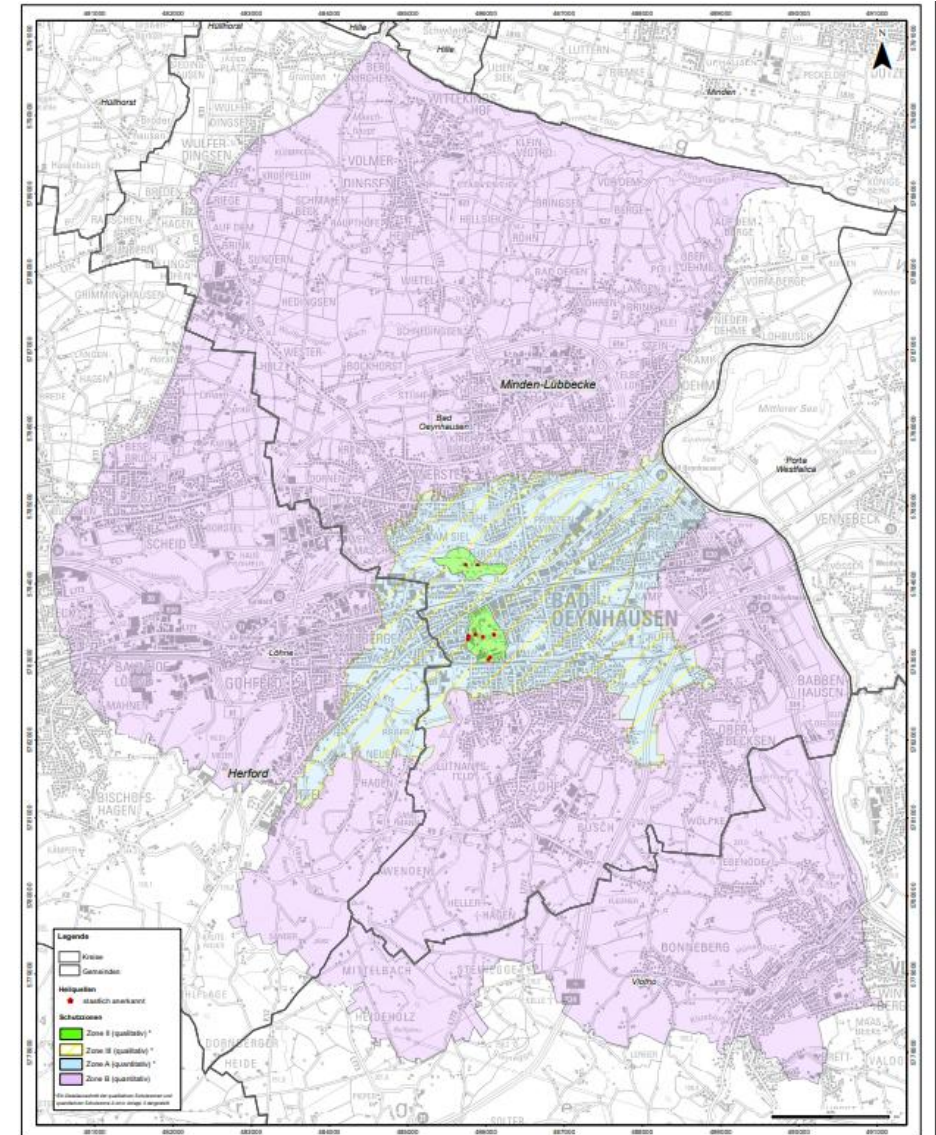
ngärten zu bewässern und zu

gegen diese Verordnung wird hiermit die Festsetzung einer Geldbuße bis zu 500 DM angedroht.

- 2 -

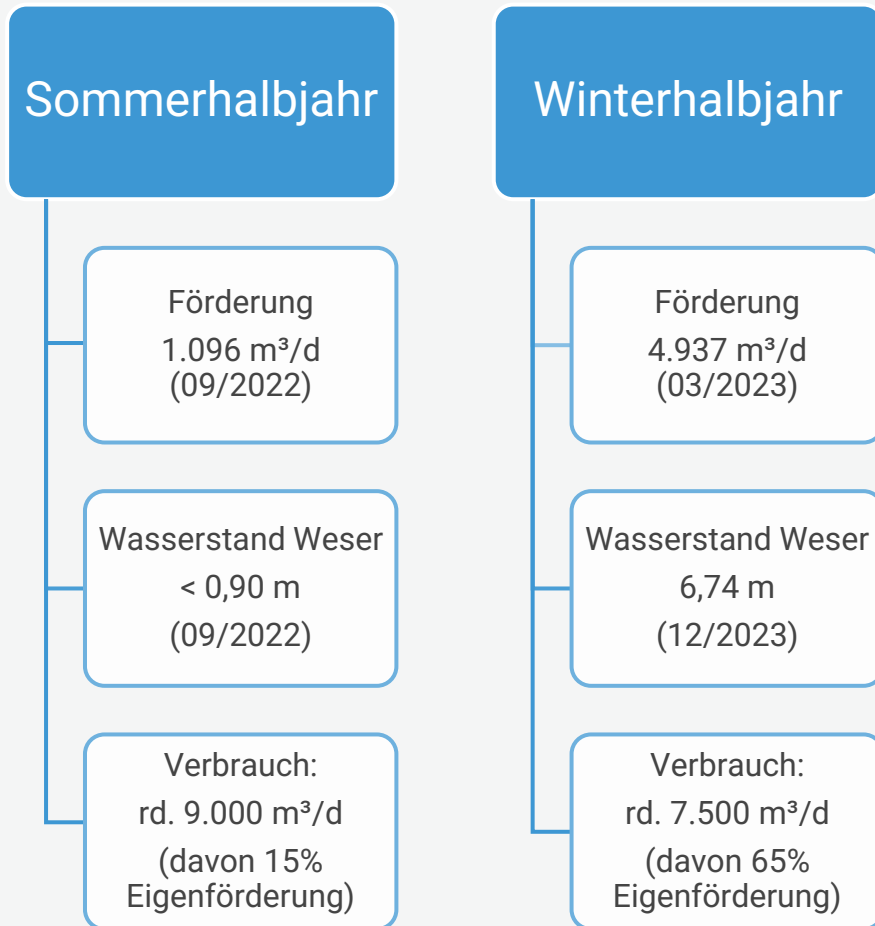


Die Erweiterung der Trinkwassergewinnung in Bad Oeynhausen ist nahezu unmöglich.

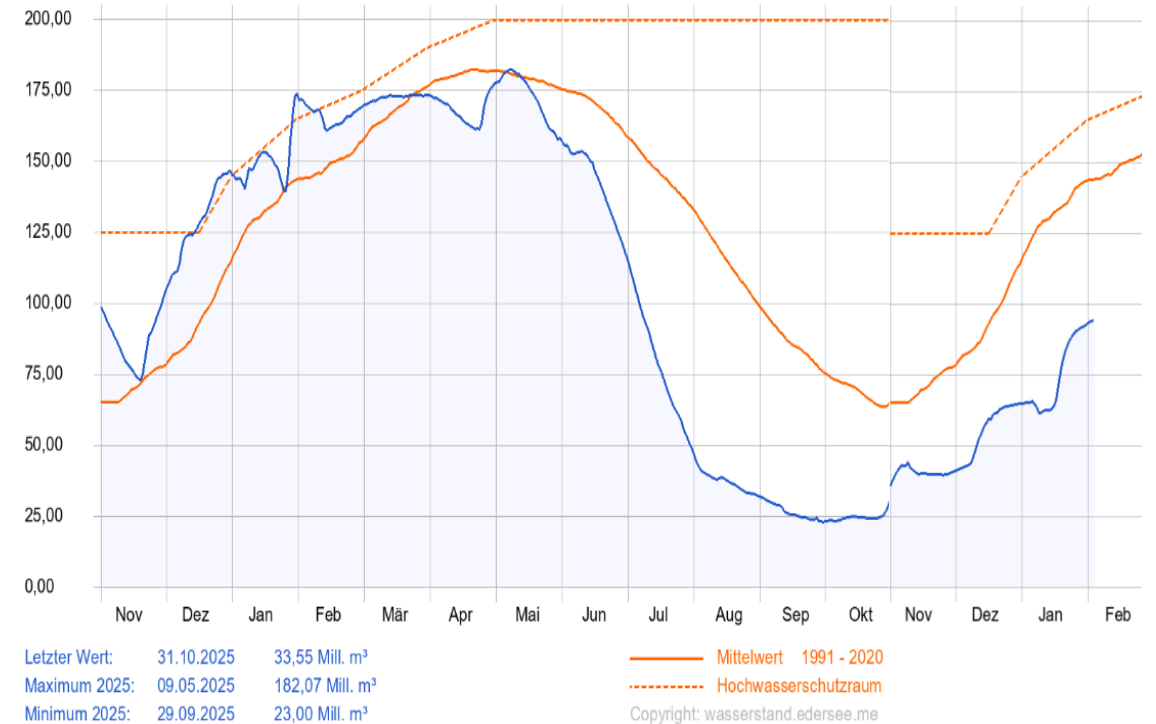


Wasserdargebot regional

Uferfiltratgewinnung Bad Oeynhausen-Rehme



Füllstand Edersee 2025



Wasserdargebot regional

Füllstand Edersee Juli 2005 - 2025

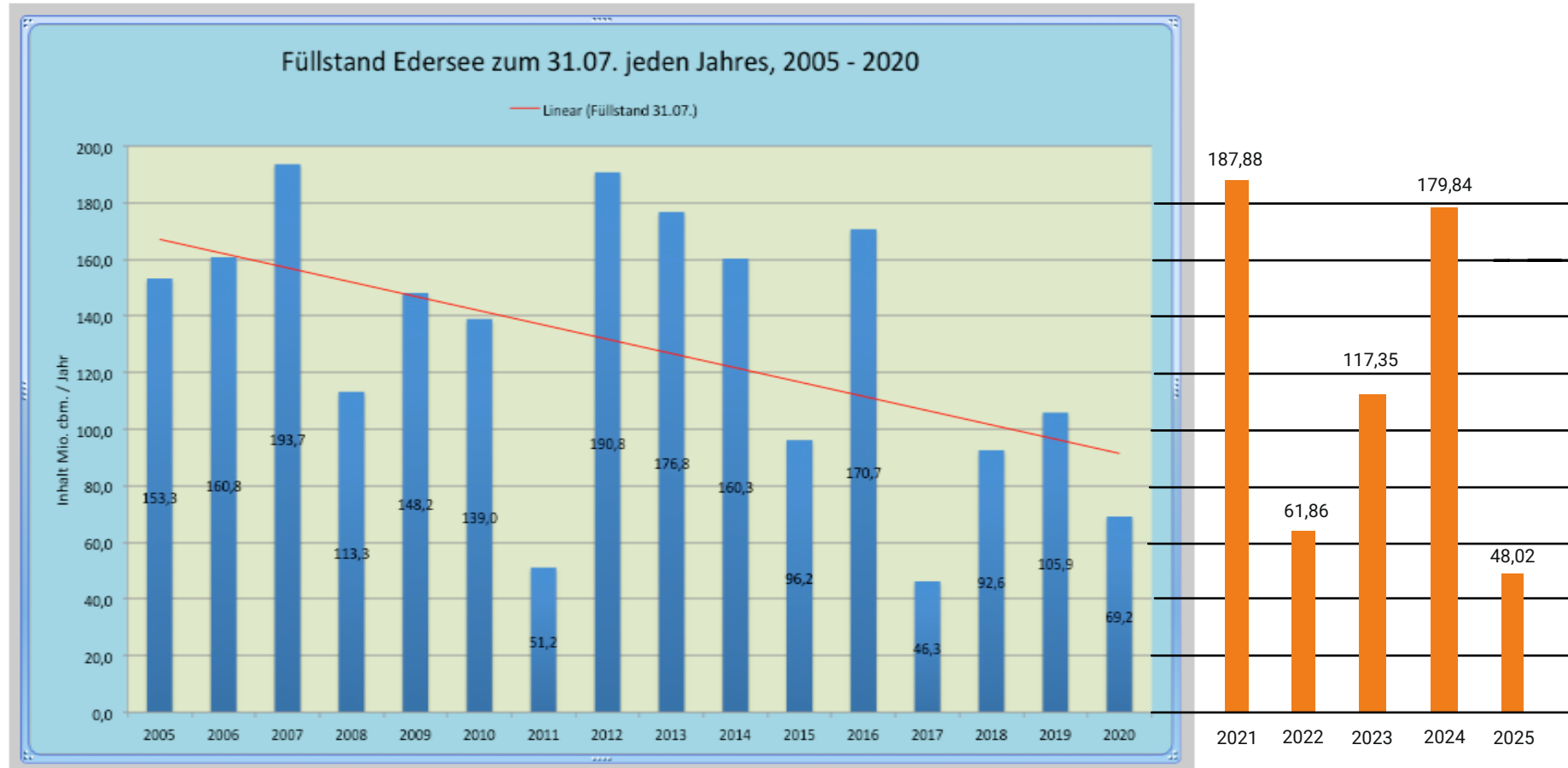
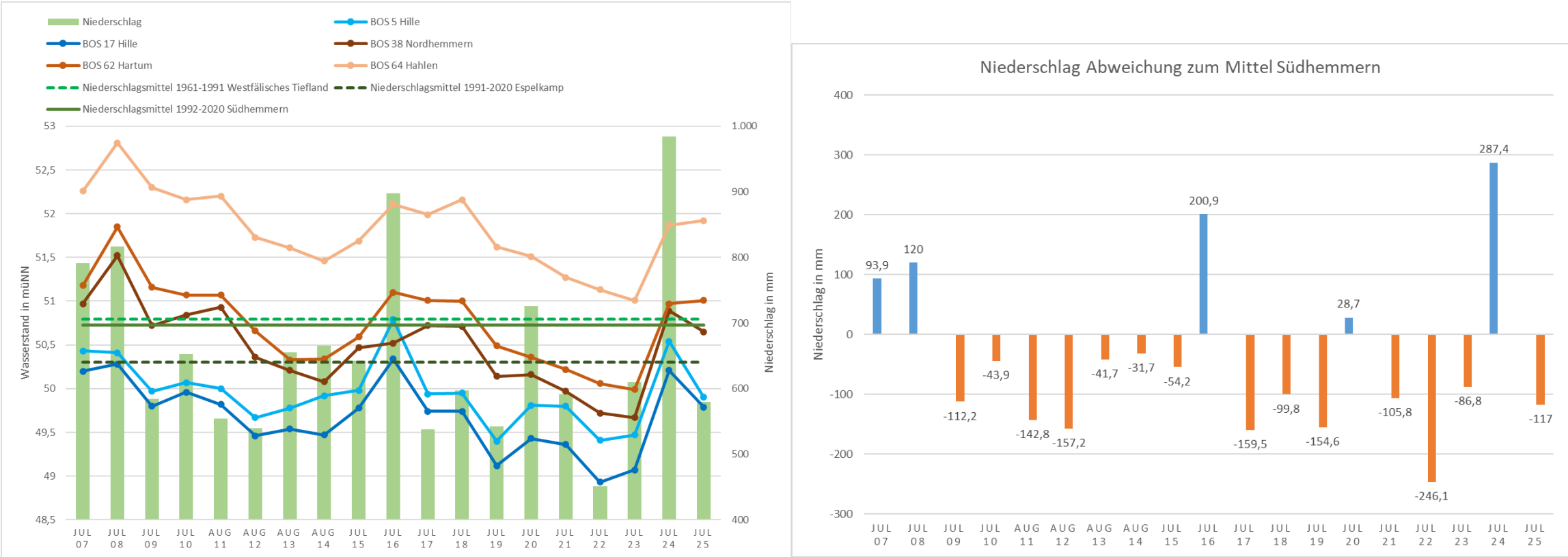


Bild 15: Dargestellt ist der Befüllungsgrad der Edertalsperre zum 31.07. eines jeden Jahres

Quelle: www.edersee.de

Wasserdargebot regional

GW-Stände und Niederschläge Wassergewinnung Hille-Südhemmern



Auswirkungen auf Bäume bei Dürrephasen

Straßenbäume	2022	2023	2024	2025
	95	222	60	85

Flächenbestand	2024/ 2025
	303

Bewässerung Neuanpflanzung	2024/ 2025
	212

- 🌿 Bäume schließen ihre Spaltöffnungen und senken Photosynthese sowie Wachstum (äußerlich zunächst nicht erkennbar).
- 🌿 Reserven des Baumes wie Zucker und Stärke werden verbraucht. Dadurch kippt die Versorgung der Blätter.
- 🌿 Feine Wurzeln gehen früh verloren. Die verminderte Wasseraufnahme fällt erst Wochen oder gar Monate später auf.
- 🌿 Entstehung von Folgeproblemen. Geschwächte Bäume werden anfälliger für den Befall von Pilzen und Schadinsekten.

Fazit für Bad Oeynhausen

- ✿ In unserer Region ist das Wasser-Dargebot Hitzeperioden schon jetzt knapp.
- ✿ Wasserwiederverwendung ist eine große Chance für Bad Oeynhausen
- ✿ Neben einer qualitativ hochwertigen Aufbereitung benötigen wir zur Bedarfsdeckung ein Verteilungssystem

Wasserwiederverwendung – Muss das sein?

Ja - Die Wasserwiederverwendung muss in die Versorgungswirtschaft integriert werden!

Vielen Dank!



Stadtwerke Bad Oeynhausen AöR

Susanne Brants

Prokuristin



s.brants@stadtwerke-badoeynhausen.de



05731 / 13-9122
0171 / 7620975



Heinrichstr. 23b
32545 Bad Oeynhausen

Infos zu DigiWaVe:

Auf der Projektwebseite:
<https://www.digiwave-project.org/de>

Auf LinkedIn
<https://www.linkedin.com/company/digiwave-ein-water-reuse-projekt/>

