

# Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung (Nutzwasser als alternative Wasserressource)



Abschlussveranstaltung der BMBF Fördermaßnahme WavE II  
8./9. Oktober 2024



# Ziele und Partner des Nutzwasser-Verbundvorhabens

- Praxisnahe Entwicklung und Optimierung von **hochflexiblen** und **bedarfsgerechten** Managementstrategien für eine Wasserwiederverwendung zur urbanen und landwirtschaftlichen Bewässerung
- Partner:

## Praxis



## Behörden/Verwaltung



GEFÖRDERT VOM



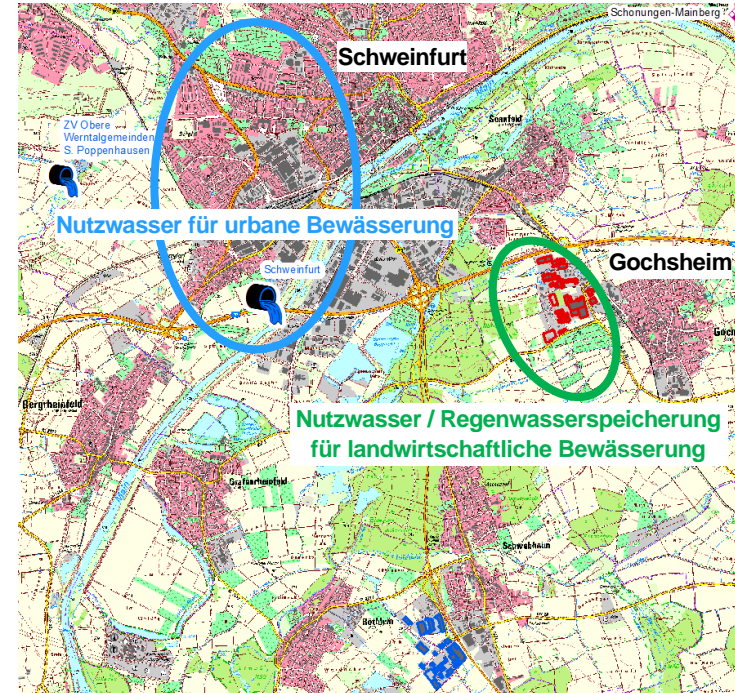
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Forschung



# Überblick - Ziele des Verbundvorhabens Nutzwasser

- **Zwei Reallabore** als direkte Vorstufe zur Umsetzung:
  - Bedarfsgerechte **landwirtschaftliche Bewässerung** in Gochsheim (60 ha) für Gemüse- und Heilkräuteranbau
  - Bedarfsgerechte **urbane Bewässerung** in der Stadt Schweinfurt (Stadion, Sportplätze, Grünanlagen, Eisstadion)



# Herausforderungen für die Wasserwiederverwendung

MANAGEMENT

AP 1

## Gesetzliche Anforderungen



AP 7/8

## Stakeholder Beteiligung



AP 6

## Geschäfts- & Betreibermodelle



TECHNOLOGIE

AP 3

## Wasserbedarfsmanagement



AP 2

## Wasserqualität & Behandlung



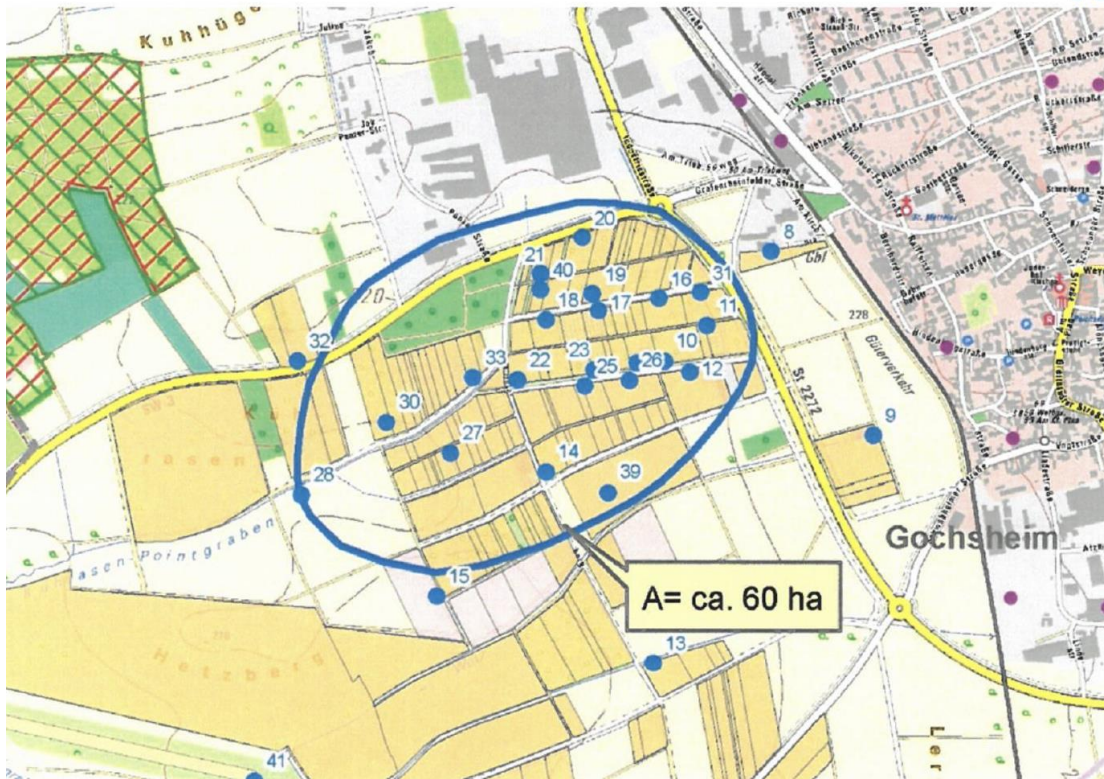
AP 5

AP 4

## Dargebotanalyse &-bereitstellung



# Reallabor Gochsheim: Bedarfsgerechte landwirtschaftliche Bewässerung



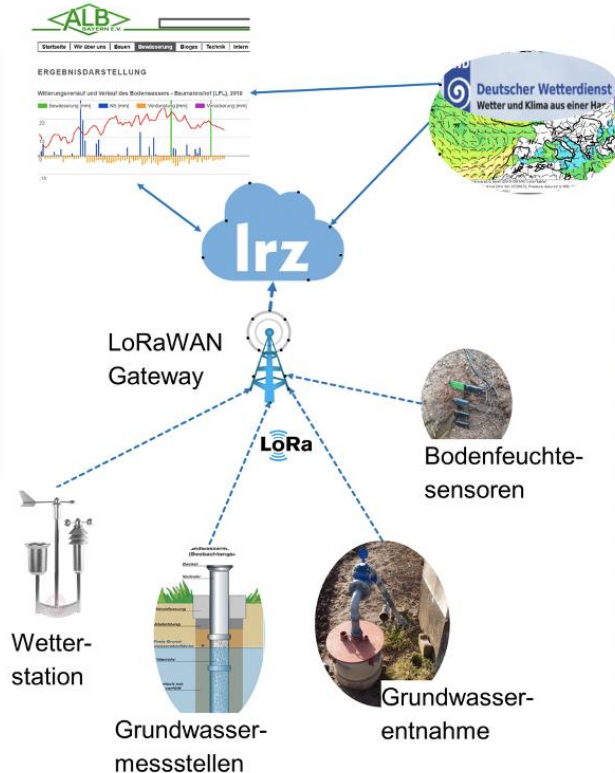
Management via Internet of things (IoT)

# Bewässerungsmanagement via Internet of Things (IoT)

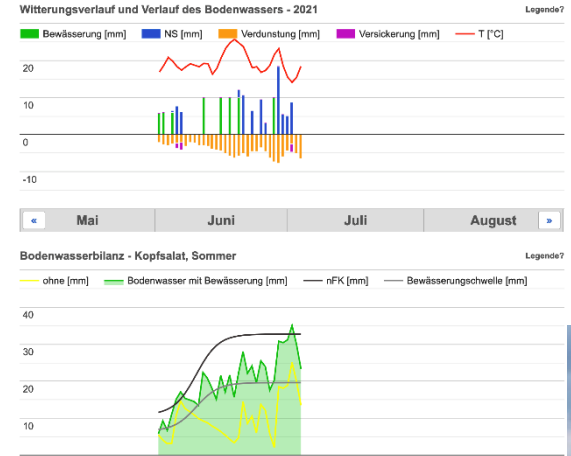
## Datenübermittlung und Speicherung in der Cloud



## Cloud-basierte Bedarfsbestimmung

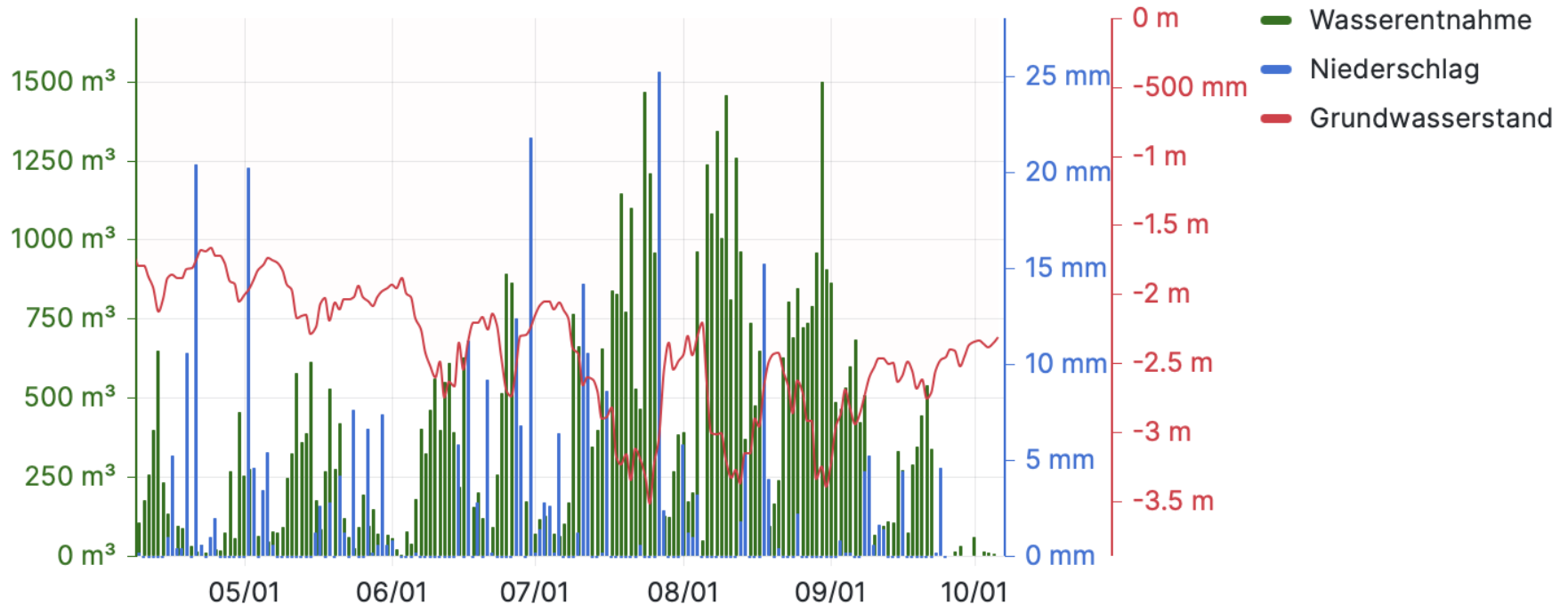


## Kulturart: Salat



# Bewässerungsmanagement via Internet of Things (IoT)

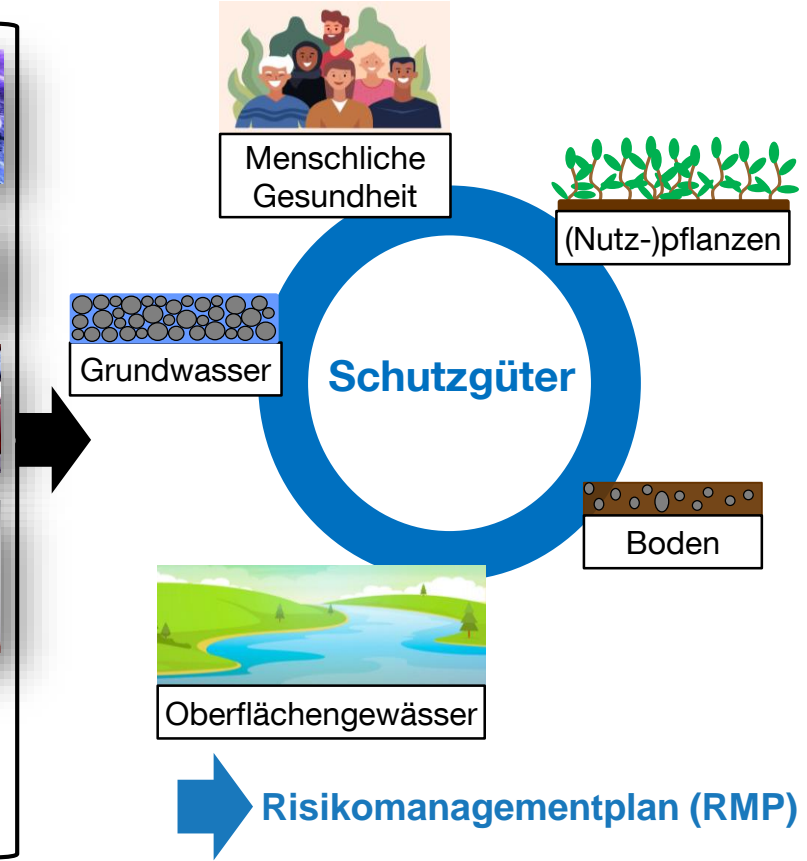
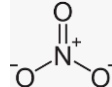
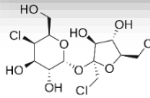
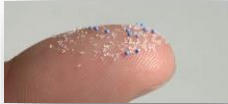
## Grundwasserstand



# Herausforderungen Wasserqualität

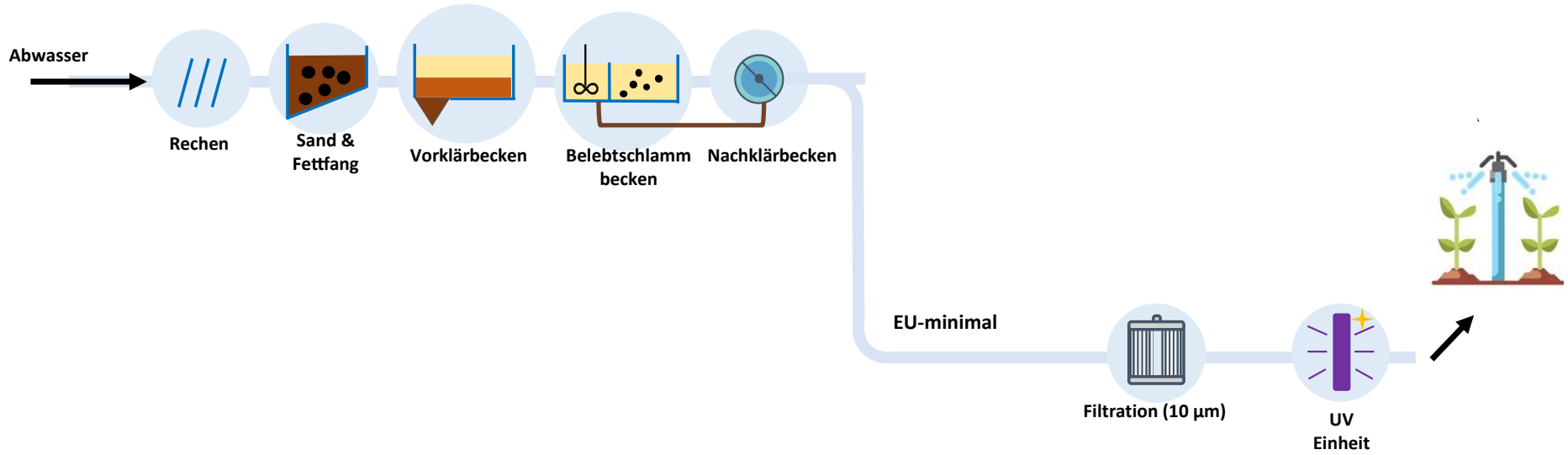
## Relevante Kontaminanten bzw. Risiken

- **Pathogene**
  - Bakterien, Viren, Protozoa
  - Antibiotikaresistenzen (Bakterien und Gene)
- Mikropartikel (z.B. Mikroplastik)
- **Organische Spurenstoffe**
  - Arzneimittelrückstände
  - Pflegeprodukte und Haushaltschemikalien
  - Endokrin wirksame Stoffe
  - Neben- / Transformationsprodukte
  - Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)
- **Nährstoffe (Nitrat) und Salze**

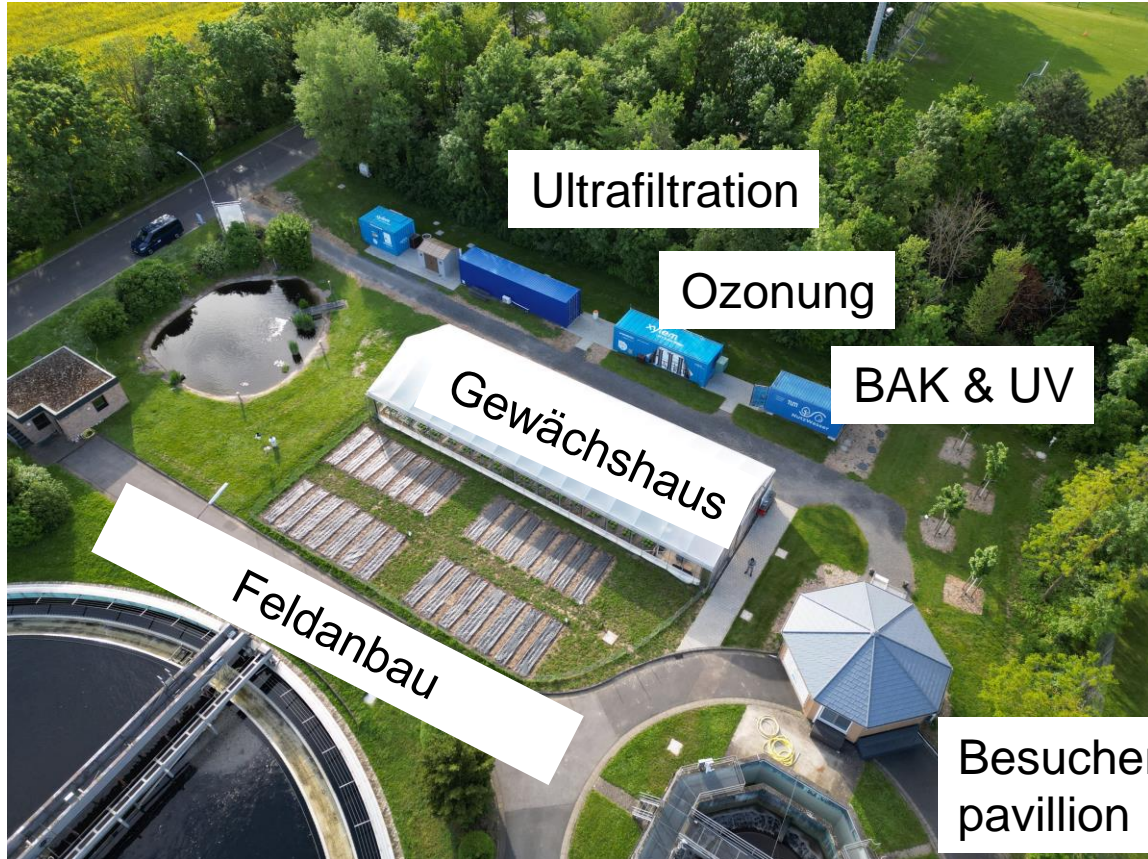




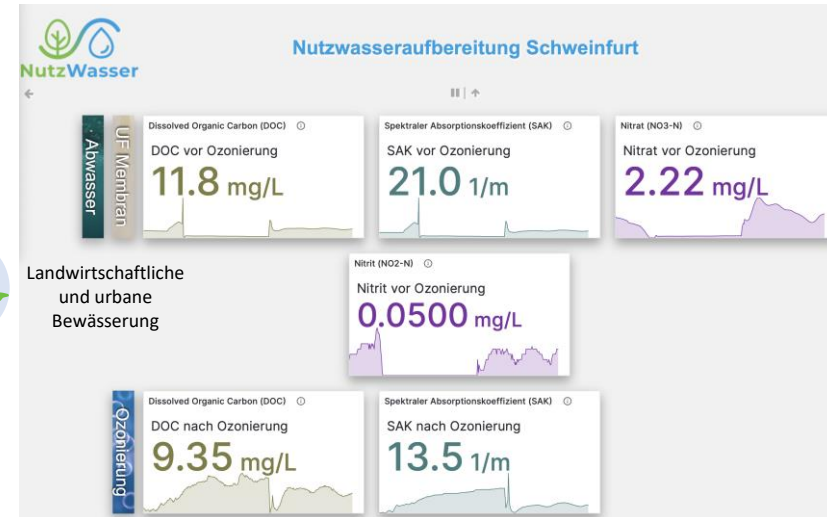
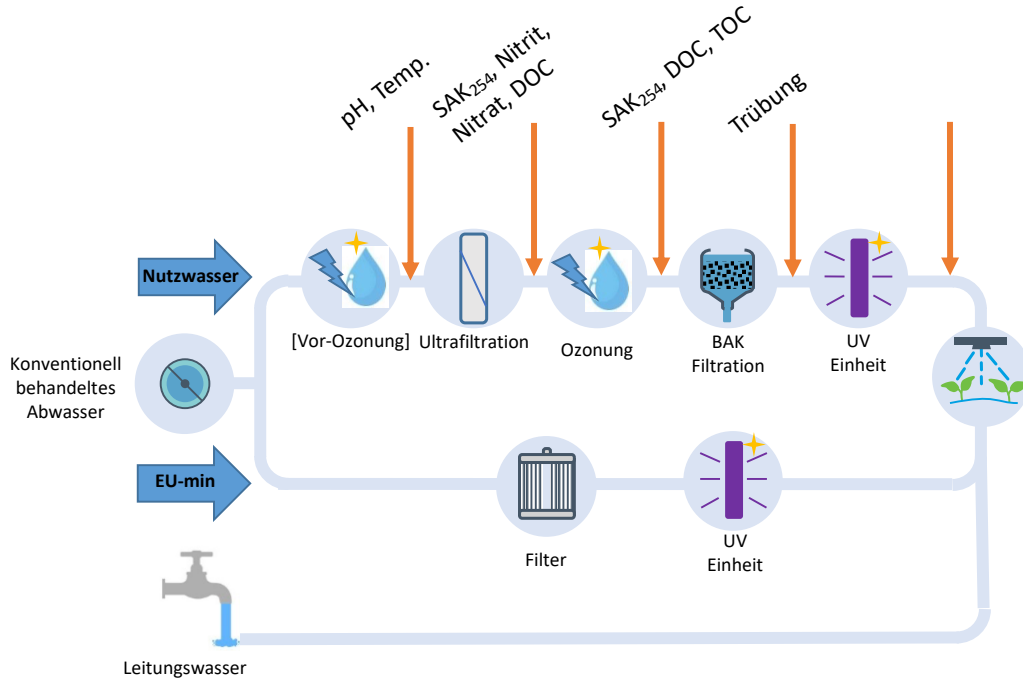
# Bedarfsgerechte Strategien für urbane und landw. Bewässerung



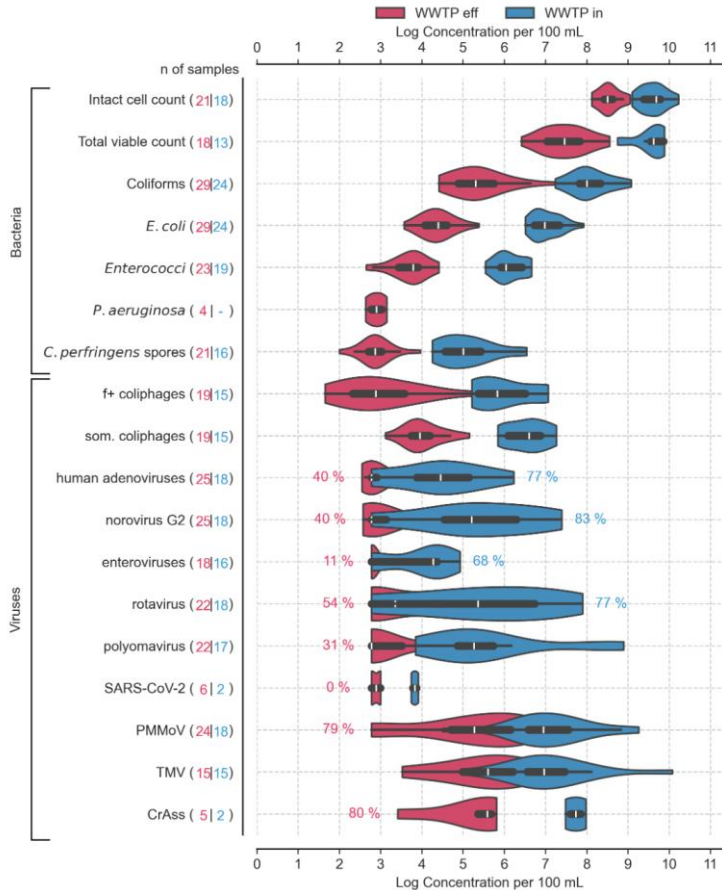
# Nutzwasser Anwendung - Reallabor Schweinfurt



# Nachweis der Zuverlässigkeit der Multibarrieraufbereitung durch online Monitoring



# Vorkommen und Entfernung von Pathogenen

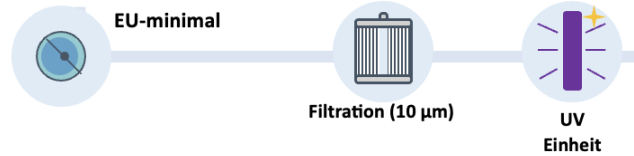


## Validierungsanforderungen nach EU-Wasser-WVVO:

- Bakterien:**  $\geq 5\text{-log}$
- C. perfringens*:**  $\geq 4\text{-log}$
- Viren:**  $\geq 6\text{-log}$

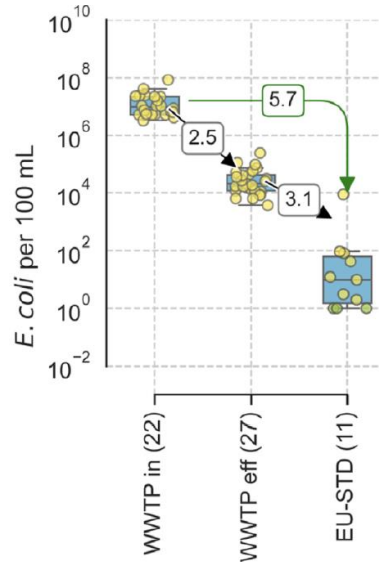
# Entfernung von Pathogenen nach EU-Wasser-WVVO

## EU-Minimalanforderungen

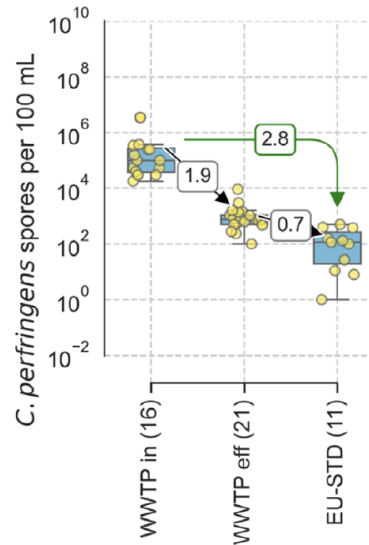


UV: 500 mJ/cm<sup>2</sup>

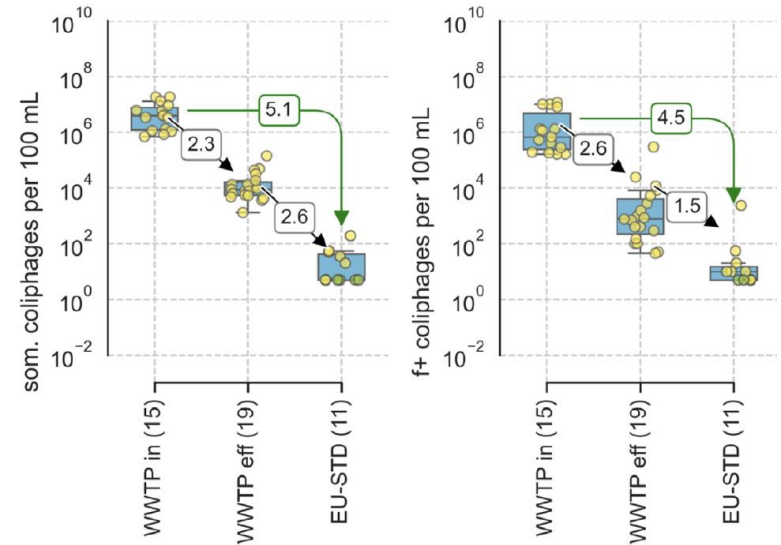
Bakterien:  $\geq 5$ -log 



*C. perfringens*:  $\geq 4$ -log

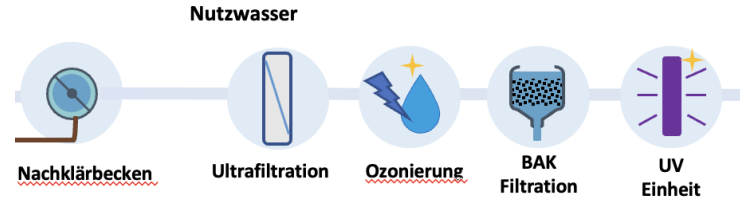


Viren:  $\geq 6$ -log



# Entfernung von Pathogenen nach EU-Wasser-WVVO

## Nutzwasser

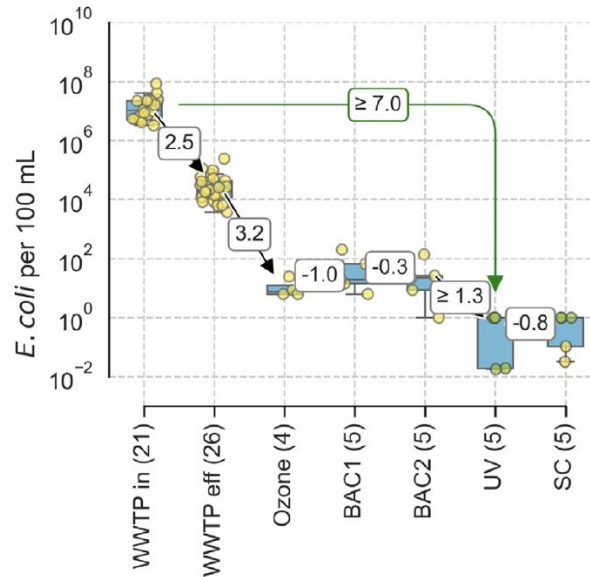


UF: 120 LMH  
Ozon: 0,6 g/g  
EBCT: 25 min  
UV: 500 mJ/cm<sup>2</sup>

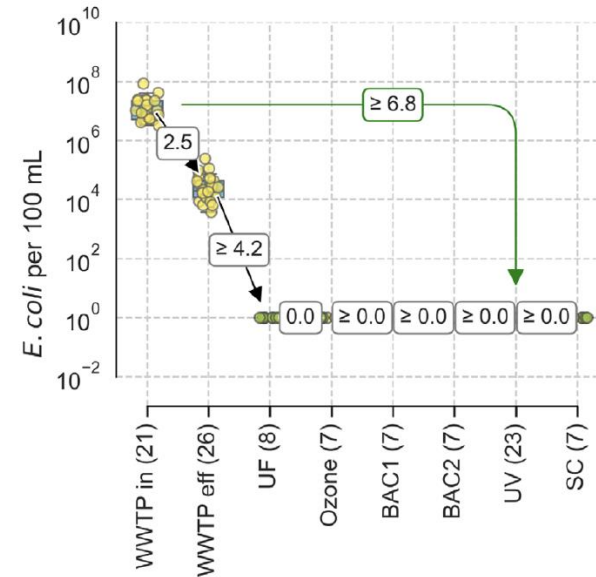
Bakterien:  $\geq 5$ -log



ohne UF

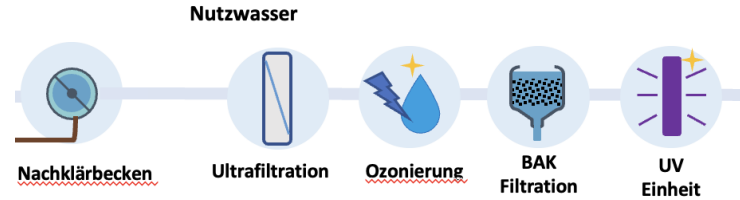


mit UF



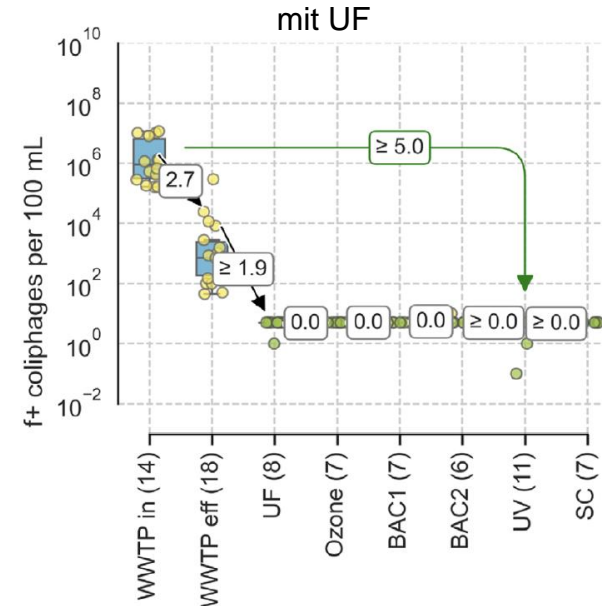
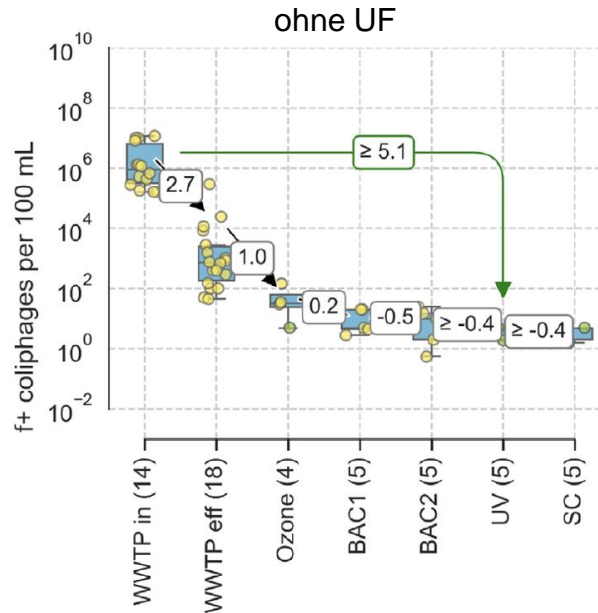
# Entfernung von Pathogenen nach EU-Wasser-WVVO

## Nutzwasser



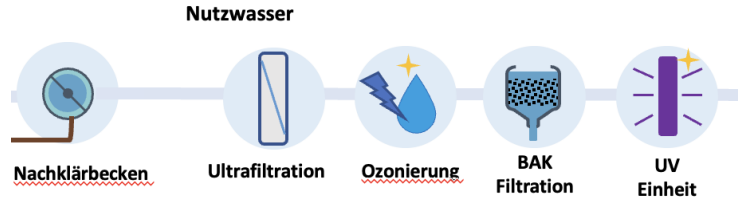
UF: 120 LMH  
Ozon: 0,6 g/g  
EBCT: 25 min  
UV: 500 mJ/cm<sup>2</sup>

## Viren: ≥ 6-log

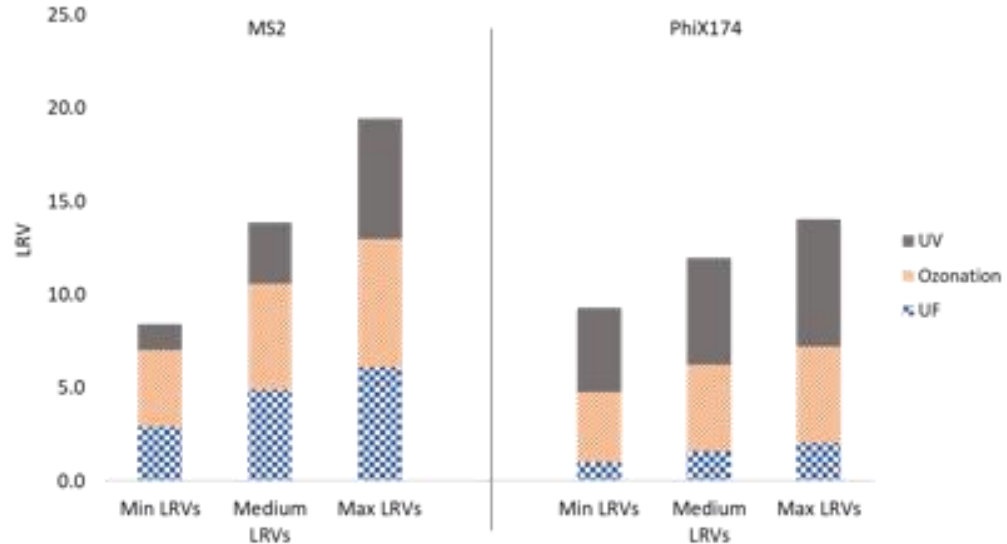
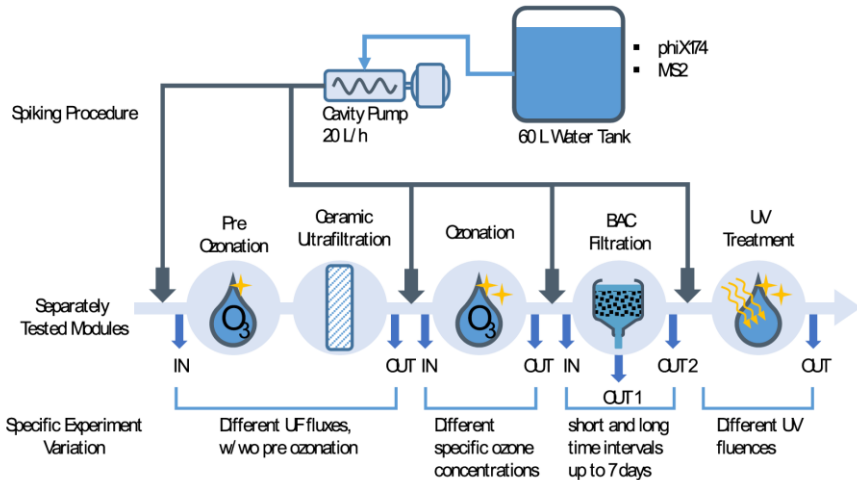


# Spiking von Pathogenen

## Nutzwasser



UF: 120 LMH  
Ozon: 0,6 g/g  
EBCT: 25 min  
UV: 500 mJ/cm<sup>2</sup>





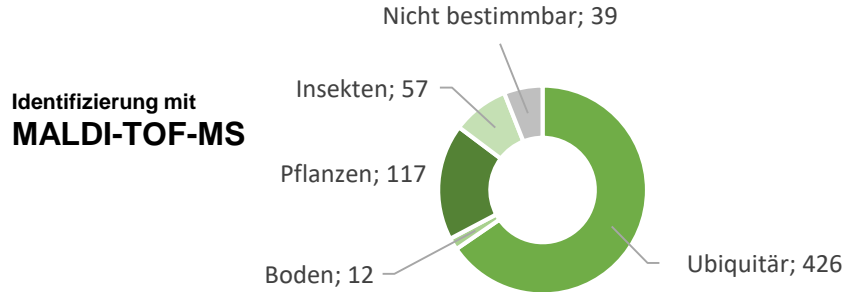
# Reallabor Schweinfurt: Gemüse für Rohverzehr



09.2023

# Mikrobiologische Ergebnisse: Bewässerte Kulturen

→ **Bakterien (Coliforme / Enterokokken) auf den Feldfrüchten**

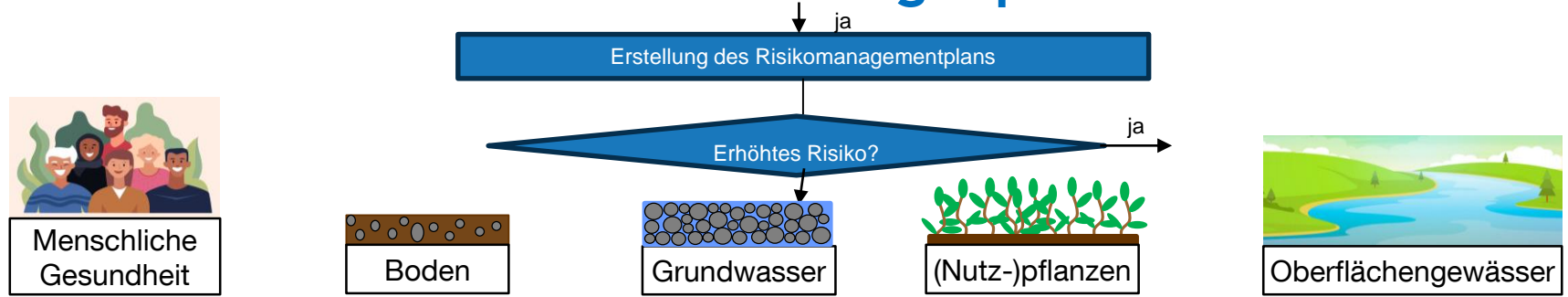


→ Vor allem **Umweltbakterien** auf den Feldfrüchten

→ **Keine Krankheitserreger** gefunden

Keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Pflanzen, die mit **Trinkwasser**, **EU-Minimal** und **Nutzwasser** bewässert wurden

# Prüfkriterien: Relevanz org. Spurenstoffe



## Exposition:

- direkter Wasserkontakt (oral/dermal) (TrinkwV; GOW/LW<sub>TW</sub>; ADIs)
- bewässerte Kulturen (ADIs)

## Exposition:

- Bodenart
- BBodenSchV: max. ein Drittel der genannten jährlichen Frachten laut *Anlage 1 Tabelle 3 BBodSchV*

## Exposition:

- Lage des Grundwasserleiters
- Höhe der Deckschichten
- Bodenart
- GrwV – Geringfügigkeits-schwellenwerte (GFS) bei Eintrag
- Summe PFAS-20 (nach TrinkwV)
- GrwV (UQNs)

## Exposition:

- Bewässerungsart
- essbarer Teil
- gemäß Lebensmittelrecht

## Exposition:

- Lage des OGew
- gemäß OGewV
- Einhaltung UQNs bei Eintrag

# Gesetzliche Anforderungen: Genehmigungsverfahren

## Elemente der Genehmigung

### Direkte Bewässerung mit Nutzwasser

Zuständigkeit

Betreiber der Auf-  
bereitungseinrichtung

Betreiber der  
Speicherinfrastruktur

Betreiber der Ver-  
teilungsinfrastruktur

Endnutzer

Aufbereitungs-  
genehmigung

Genehmigung für  
Speicherinfrastruktur

Genehmigung für  
Verteilungsinfrastruktur

Aufbringungs-  
erlaubnis

www.dwa.de



## DWA-Regelwerk

### Merkblatt DWA-M 1200-1

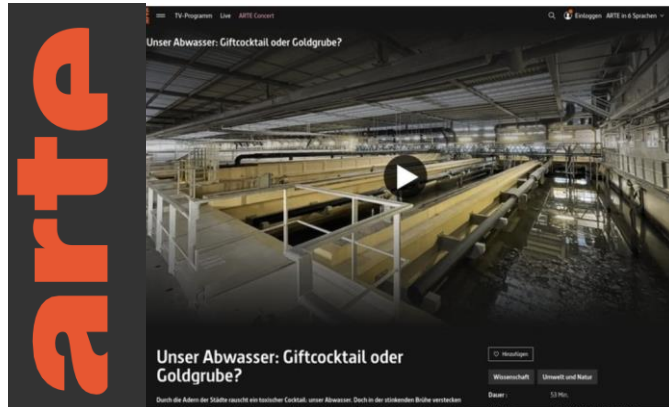
Wasserwiederverwendung für landwirtschaftliche und urbane Zwecke  
in Deutschland – Teil 1: Grundsätze zur Wasserwiederverwendung für  
unterschiedliche Nutzer

Monat 2023

# Öffentlichkeitsarbeit



<https://www.youtube.com/watch?v=LSfMlrV1nQ>



<https://www.arte.tv/de/videos/104835-000-A/unser-abwasser-giftcocktail-oder-goldgrube/>

Wasserszene

Im Gespräch mit Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes

## Wasserwiederverwendung für die landwirtschaftliche Bewässerung

Sehr trockene Sommer, geringere Niederschlagsmengen, sinkende Grundwasserstände und ein zunehmender Wasserbedarf erfordern ein Umdenken im Umgang mit den Ressourcen.

Agricultural Water Management 244 (2021) 106229



Estimating the agricultural irrigation demand for planning of non-potable water reuse projects

Christoph Schwaller, Yvonne Keller, Brigitte Helmreich, Jörg E. Drewes<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Am Coulombwall 3, 85748 Garching, Germany  
Chemical Engineering Journal 414 (2021) 128801



Inline dosing of powdered activated carbon and coagulant prior to ultrafiltration at pilot-scale – Effects on trace organic chemical removal and operational stability

Christoph Schwaller<sup>a</sup>, Grit Hoffmann<sup>b</sup>, Christian X. Hiller<sup>a,c</sup>, Brigitte Helmreich<sup>a</sup>, Jörg E. Drewes<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Garching, Germany  
<sup>b</sup> Chair for Mechanical Process Engineering/Water Technology, University Duisburg-Essen, Duisburg, Germany  
<sup>c</sup> Environmental Engineering Institute, University of Applied Sciences, Garching, Germany  
Chemical Engineering Science 254 (2022) 117006



CFD simulations of flow fields during ultrafiltration: Effects of hydrodynamic strain rates with and without a particle cake layer on the permeation of mobile genetic elements

Christoph Schwaller<sup>1</sup>, Kevin Fokkens<sup>1</sup>, Brigitte Helmreich, Jörg E. Drewes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Garching, Germany



Separation and Purification Technology 209 (2022) 121799



Effects of varying flux and transmembrane pressure conditions during ceramic ultrafiltration on the infectivity and retention of MS2 bacteriophages

Christoph Schwaller, Magdalena A. Knabl, Brigitte Helmreich, Jörg E. Drewes<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Am Coulombwall 3, Garching, Germany  
Water Research 207 (2024) 122429



Assuring reclaimed water quality using a multi-barrier treatment train according to the new EU non-potable water reuse regulation

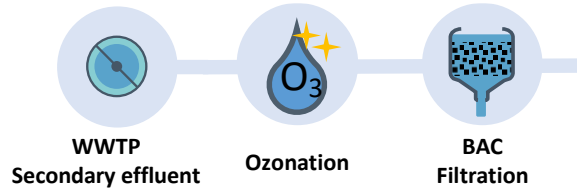
Johannes Ho<sup>a</sup>, Javad Almuadi<sup>b</sup>, Carolin Schweikart<sup>a</sup>, Uwe Hübner<sup>b,c</sup>, Christoph Schwaller<sup>a</sup>, Andreas Tielm<sup>b</sup>, Jörg E. Drewes<sup>b</sup>

<sup>a</sup> E.ON Energy Research Center, University of Texas at Austin, Austin, TX 78731, USA  
<sup>b</sup> Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Am Coulombwall 3, Garching 85748, Germany  
<sup>c</sup> E.ON Energy Research Center, University of Texas at Austin, Austin, TX 78731, USA

# Reallabor Schweinfurt

## - Synergieeffekte von EU KARL und Wasserwiederverwendung

- Großtechnische Realisierung bis 2027 (nach EU KARL): 9 Mio. m<sup>3</sup>/a



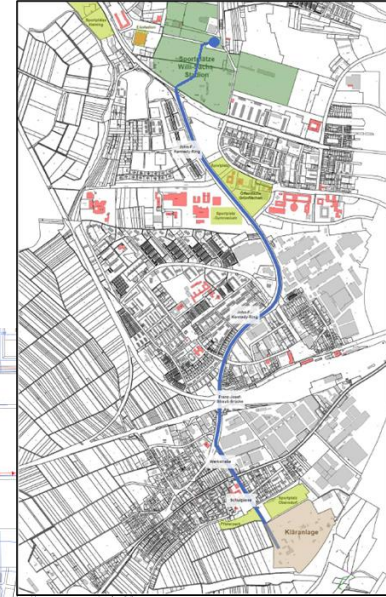
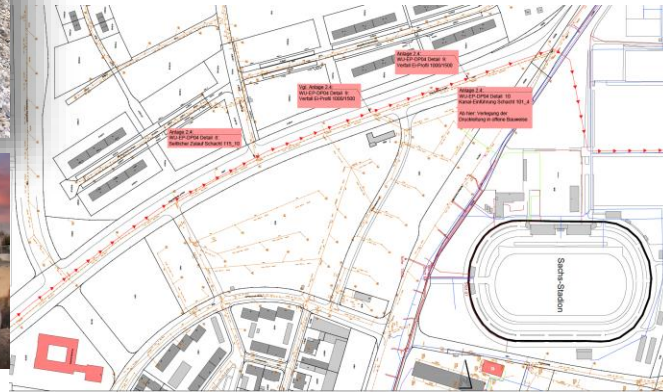
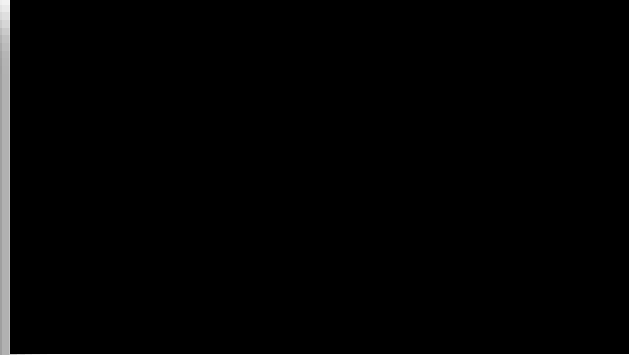
- **Nutzwasserstraße:** 1.7 Mio. m<sup>3</sup>/a
- **Urbane Anwendungen** (Nutzwasser):
  - Grün- und Sportflächen
  - Eisstadion
- **Kommerzielle und industrielle Nutzer**
- **Landwirtschaftliche Bewässerung**  
(Kulturen für Rohverzehr)



# Reallabor Schweinfurt

## - Etablierung eines Wasserwiederverwendungsverteilsystems im Bestand

- Nutzwasserstraße:  
1.7 Mio. m<sup>3</sup>/a
- Urbane Anwendungen:
  - Pipe-in-pipe Lösung (DN 110)
  - Kapazität 200,000 m<sup>3</sup>/a
  - Ausführung 3.5 km lang
  - 1,500 m<sup>3</sup> Speicher
- Kontrollstrategie für dynamischen Betrieb



# Ausblick

- Wasserwiederverwendung kann eine sichere, alternative und resiliente Wasserversorgungsoption darstellen, um Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen
- Eine Wasserwiederverwendung macht ein lokales Versorgungsportfolio resilienter, ist aber immer lokal und regional abzuwägen und Alternativen sind zu prüfen
- Bewässerung von rohverzehrtem Gemüse und städtischen Grün ist sicher, muss aber bedarfsgerecht und effizient erfolgen. Dafür sind technische und administrative Voraussetzungen zu schaffen
- Implementierung des Risikomanagementplans erfordert Umdenken bei den Betreibern, Genehmigungsbehörden und Anwendern
- Diskurs über Herausforderungen und Handlungsoptionen ermöglichen



# Vielen Dank!

[www.nutzwasser.org](http://www.nutzwasser.org)



Technische  
Universität  
München



TZW  
Technologiezentrum  
Wasser

IWW  
IWW ZENTRUM WASSER

Regierung von  
Unterfranken

SCHWEINFURT  
Zukunft findet Stadt

COPLAN AG

BGS UMWELT  
Brandt Gardes Sitzmann Umweltplanung GmbH

ALB  
ALB EUREKA e.V.

HOLINGER  
HOLINGER WASSER

lrz  
Leibniz-Rechenzentrum  
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

xylem  
xylem

LWG

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung

WavE

Wassertechnologien: Wiederverwendung



PTKA  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie