

WASSERWIEDERVERWENDUNG

- DAS PROJEKT NUTZWASSER -

09.07.2024 | Trinkwasserfortbildung | Karlsruhe

J. Ho¹, J. M. Ahmadi², C. Schweikart¹, C. Stange¹, J. E. Drewes², A. Tiehm¹

1. TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

2. Technische Universität München, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Siedlungswasserwirtschaft

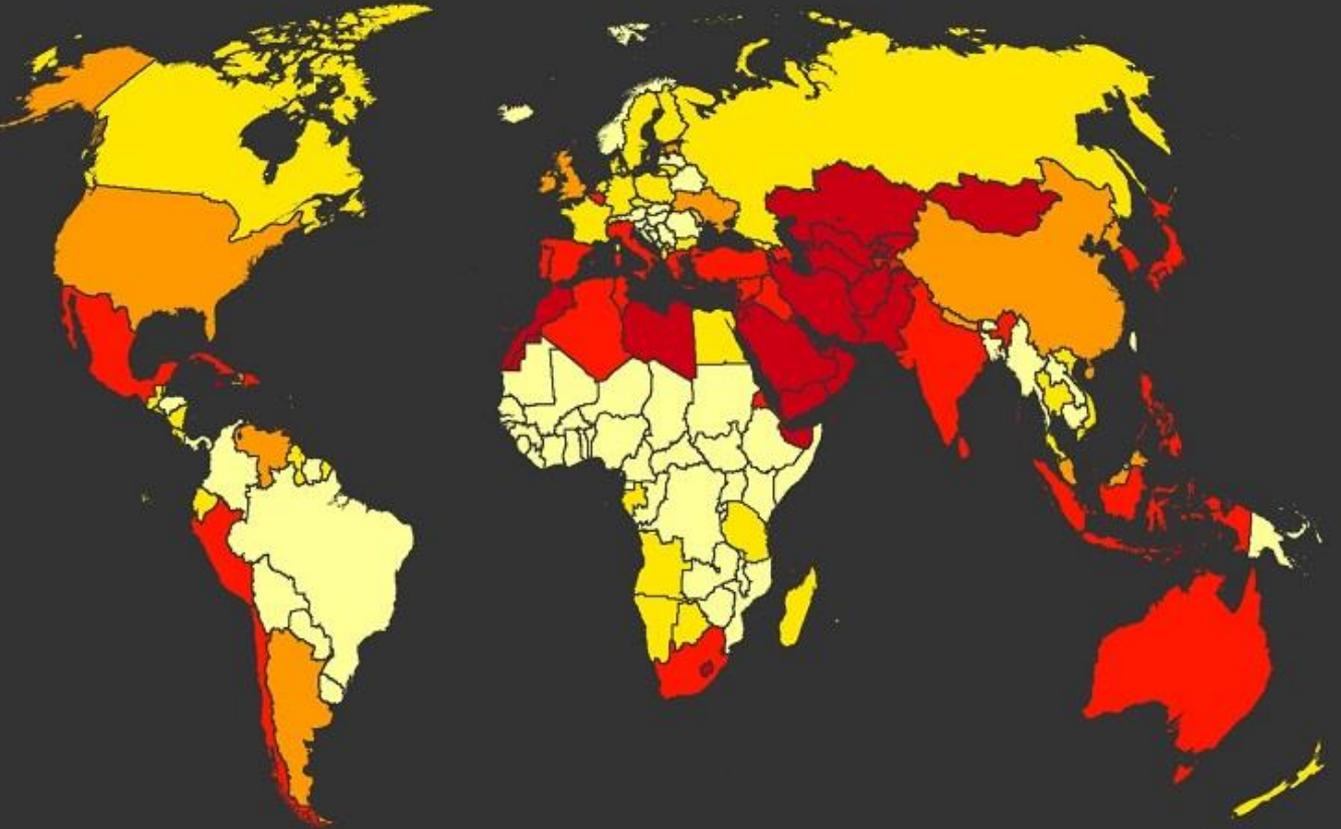


1 Wasserwiederverwendung

WATER STRESS BY COUNTRY

ratio of withdrawals to supply

- Low stress (< 10%)
- Low to medium stress (10-20%)
- Medium to high stress (20-40%)
- High stress (40-80%)
- Extremely high stress (> 80%)



1 Wasserwiederverwendung: Prinzip

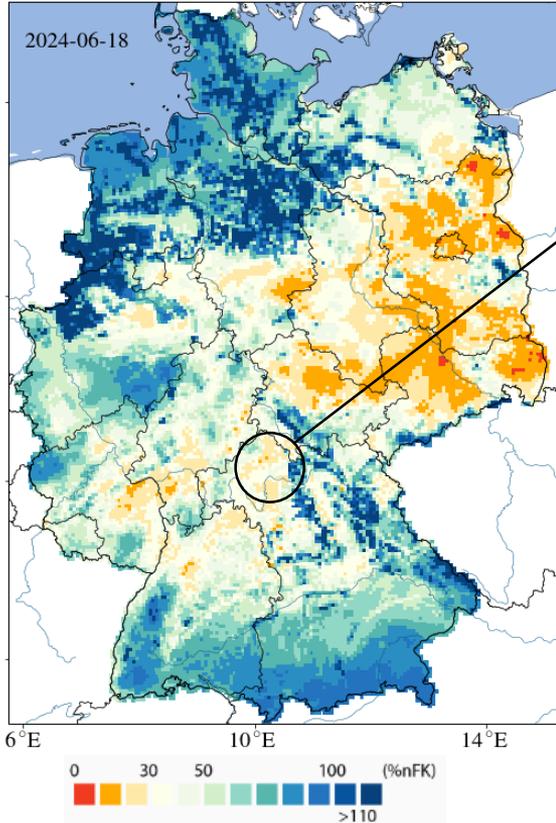


Auch in: Spanien, Italien, Griechenland, Zypern, Frankreich, Portugal

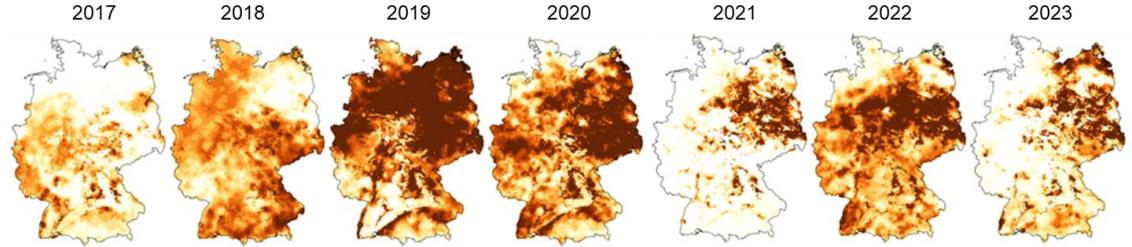
Quelle: EPA - From Water Stressed to Water Secure: Lessons from Israel's Water Reuse Approach
ICONS: Flaticon.com

1 Dürreperioden in Deutschland

Pflanzennutzbare Wasser (Feldkapazität; nFK)



Quelle: UFZ, [Dürremonitor](#)
(2024, Juni/Juli)



Mainfränkische Platten

- Wenig Niederschlag (450-600 mm pro Jahr)
- Geringe Wasserspeicherkapazität (Karstanfällige Kalksteine)

Projektgebiet: Schweinfurter Becken – „Die Wüste Bayerns“



2 Das Projekt Nutzwasser



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

Multi-Barrieren Pilotanlage zur Wasserrückgewinnung

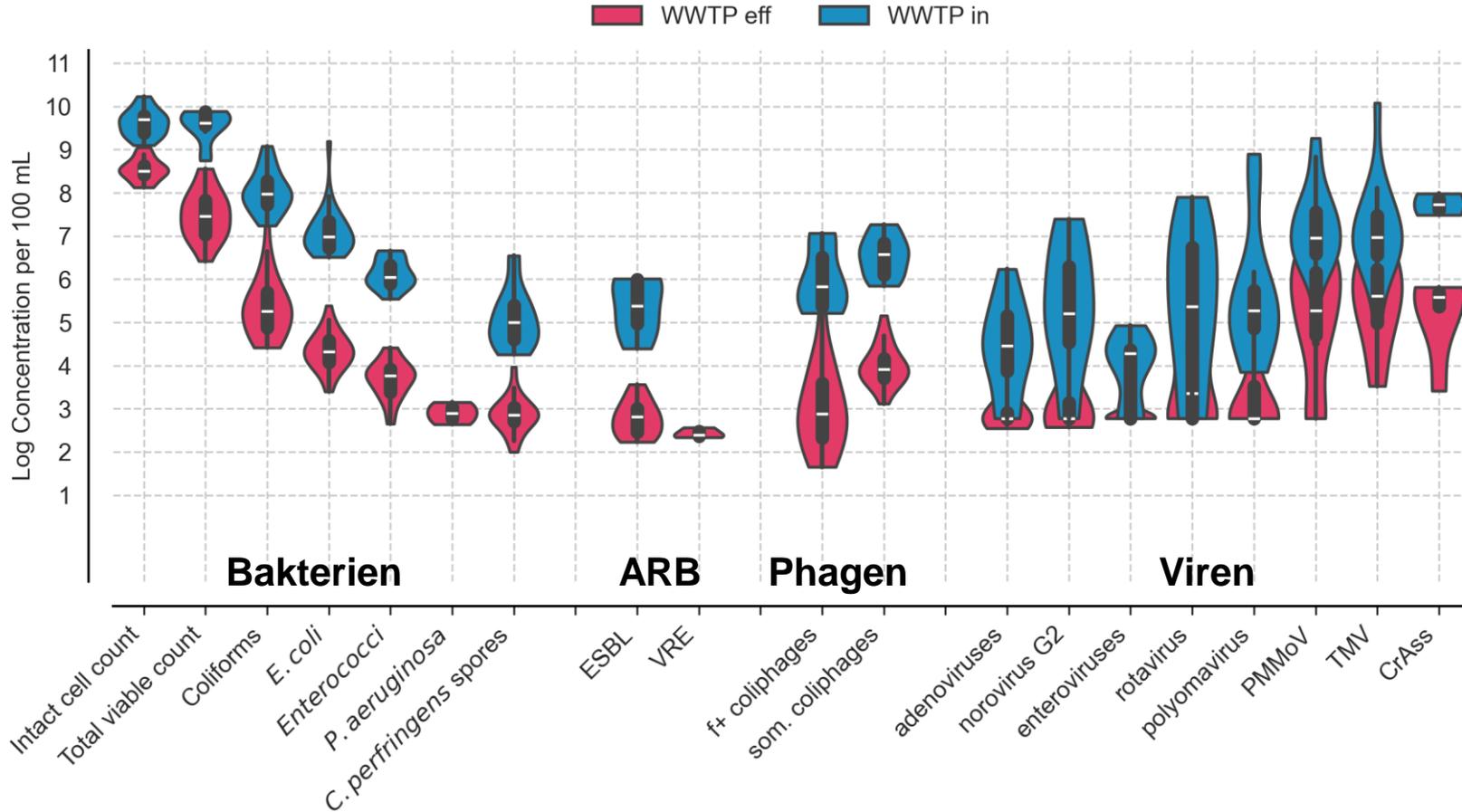
- Gesetzliche Anforderungen
- Stakeholder Beteiligung
- Geschäfts- und Betreibermodelle
- Wasserbedarfsmanagement
- Bereitstellung
- Wasserqualität und Behandlung



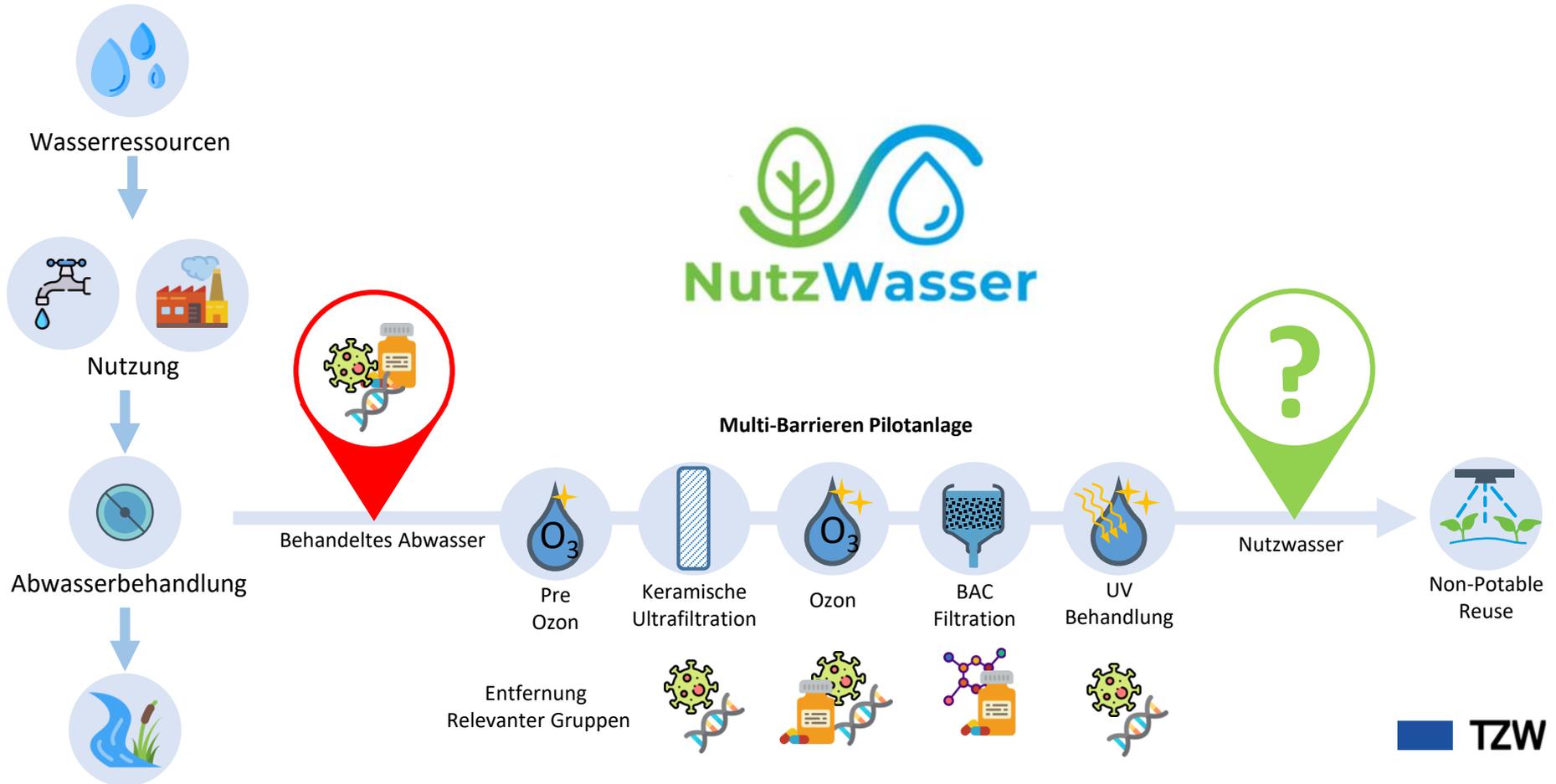
2 Das Projekt Nutzwasser



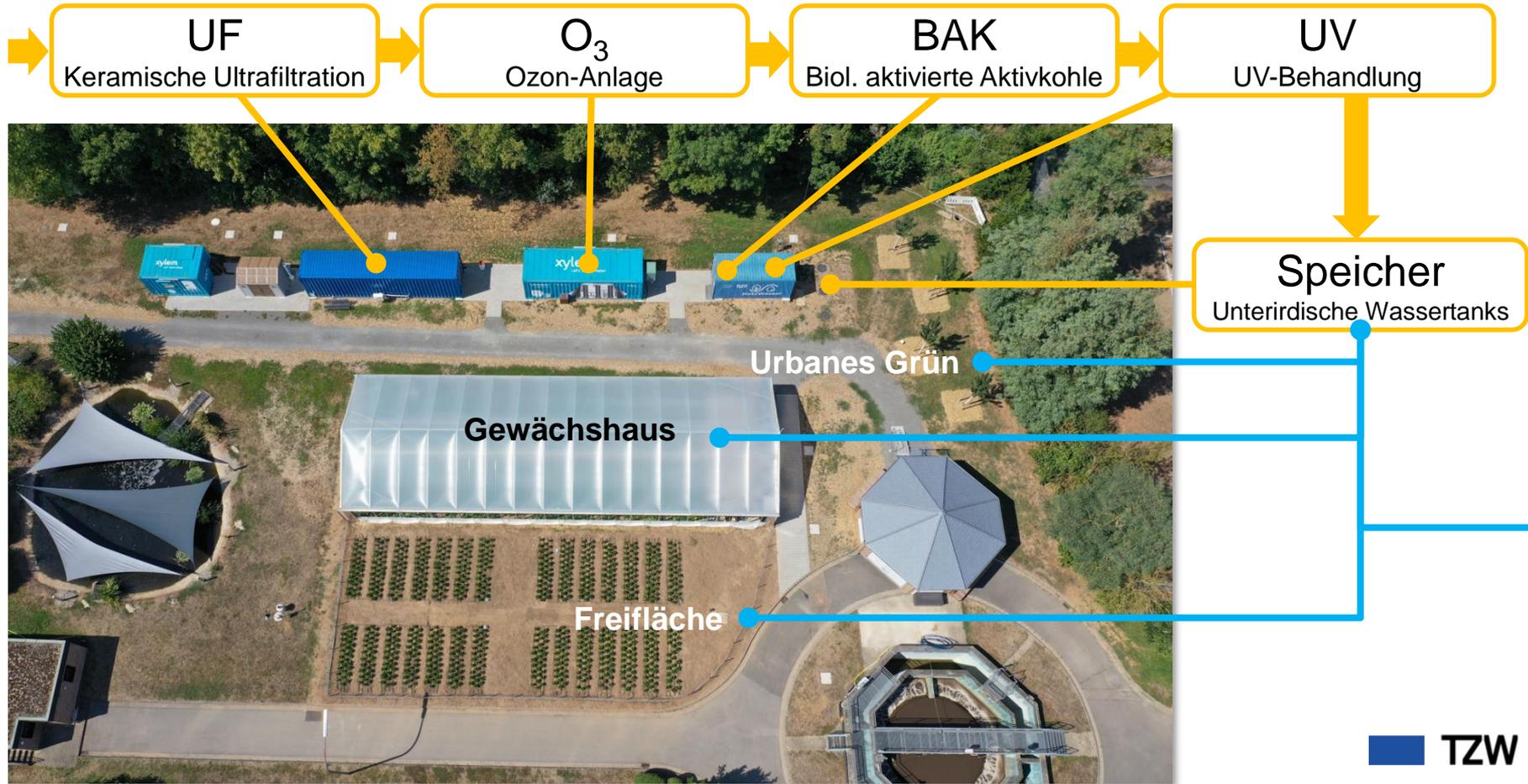
3 Mikrobiologische Ergebnisse Kläranlage



4 Multi Barrieren Pilotanlage



4 Multi Barrieren Pilotanlage



4 Multi Barrieren Pilotanlage



Sportplatz

RICHTLINIEN

5 Richtlinien



Länderspezifische Richtlinien

Spanien, Italien, Griechenland, Zypern, Frankreich, Portugal



EU 2020/741

Minimum Requirements for Water Reuse

Mai 2020 → Gilt ab Juni 2023 in allen Mitgliedstaaten



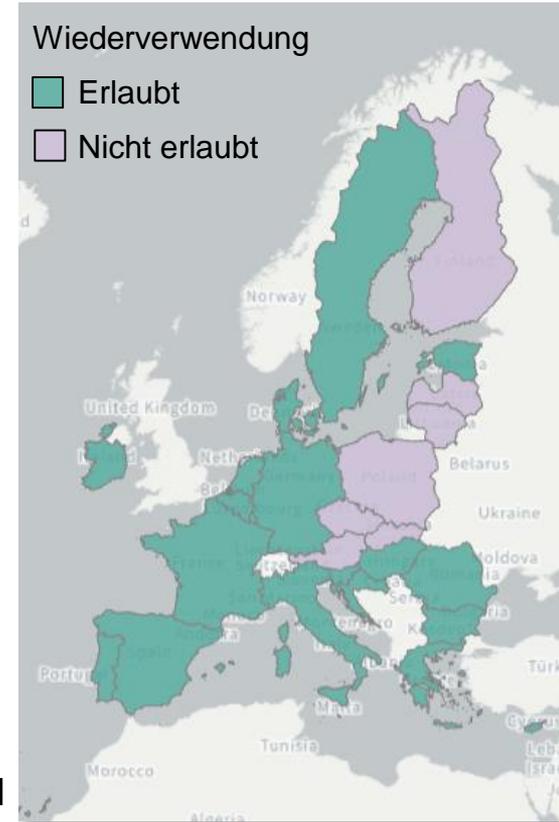
Verschärfungen

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und UBA

„EU-Richtlinie... nicht konkret und strikt genug“

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall

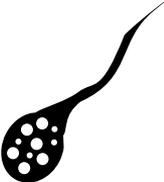
Merkbblatt DWA-M 1200 (in Arbeit)



5 Die EU-Rahmenrichtlinie I

Güteklasse	Kategorie der Nutzpflanzen	<i>E. coli</i> /100 ml
A 	Roh verzehrte Nutzpflanzen essbarer Teil in Kontakt mit aufbereitetem Wasser roh verzehrte Hackfrüchte	≤ 10
B 	Roh verzehrte Nutzpflanzen nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt Verarbeitete Nutzpflanzen Non-Food-Kulturen Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	≤ 100
C 	Wie B Nur Tropfbewässerung (kein Kontakt zu essbarem Teil)	≤ 1.000
D 	Industrie- und Energiepflanzen sowie aus Saatgut gewonnene Pflanzen	≤ 10.000

5 Die EU-Rahmenrichtlinie II

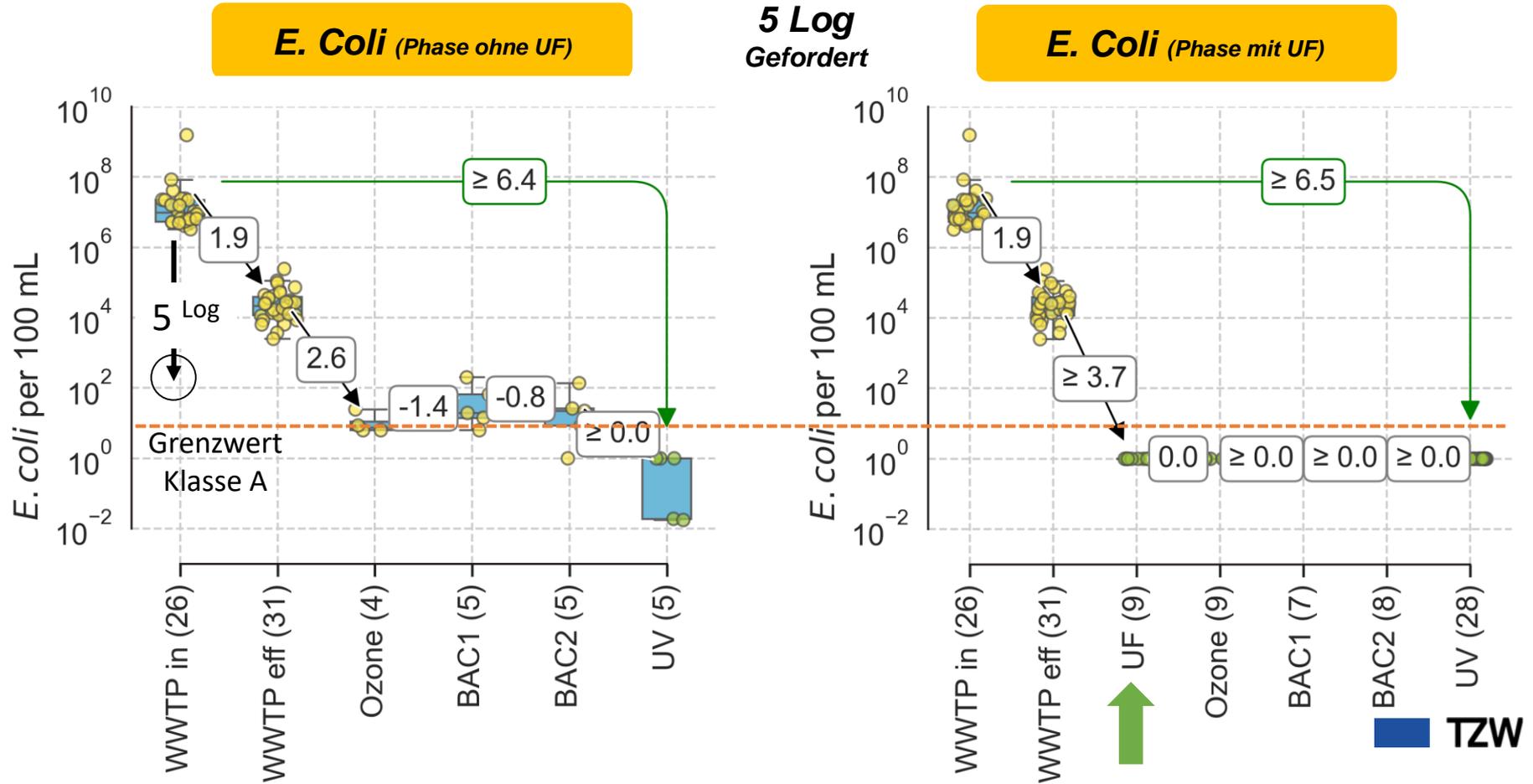
	Coliphagen insgesamt	$\geq 6,0$
	oder	
	Somatische Coliphagen	$\geq 6,0$
	F-spezifische Coliphagen	$\geq 6,0$
	Rotavirus	$\geq 6,0$
	<i>E. Coli</i>	$\geq 5,0$
	oder	
	Campylobacter	$\geq 5,0$
	Clostridium perfringens Sporen	$\geq 4,0$
	oder	
	Sporenbildende Sulfat-reduzierende Bakterien	$\geq 5,0$
	Cryptosporidium	$\geq 5,0$

**Geforderte
LOG-Reduktion
(Klasse A)**

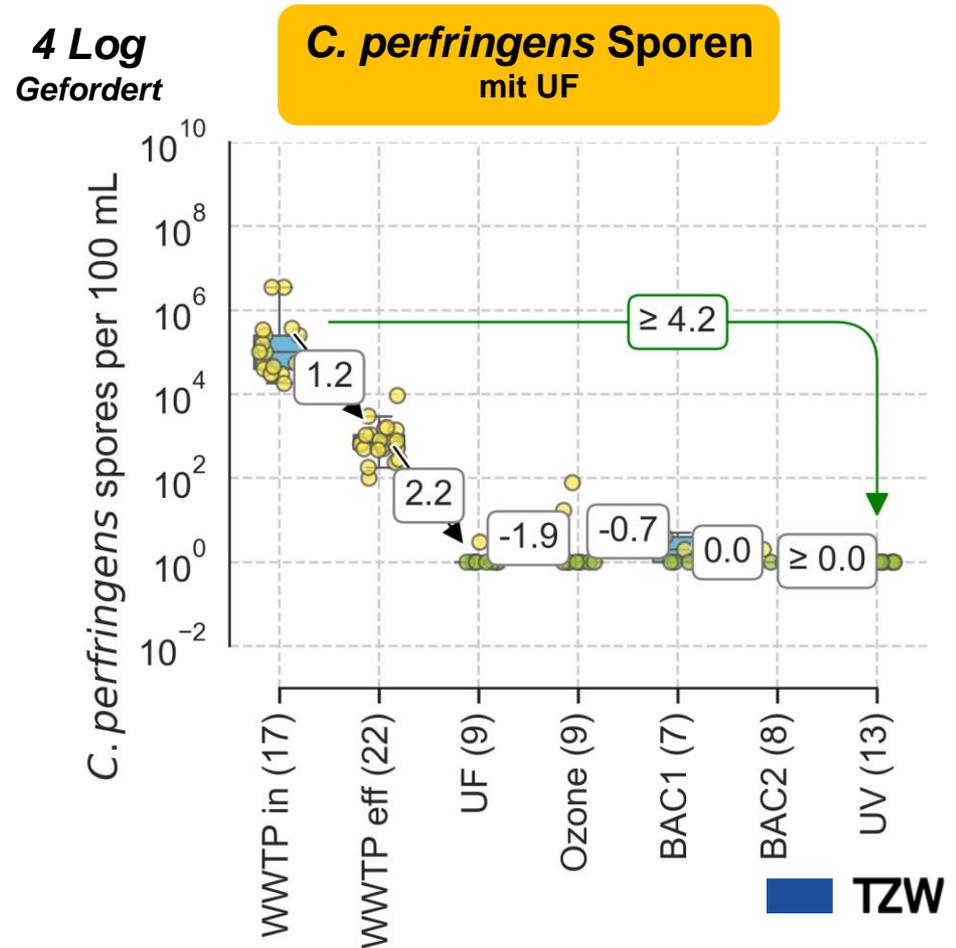
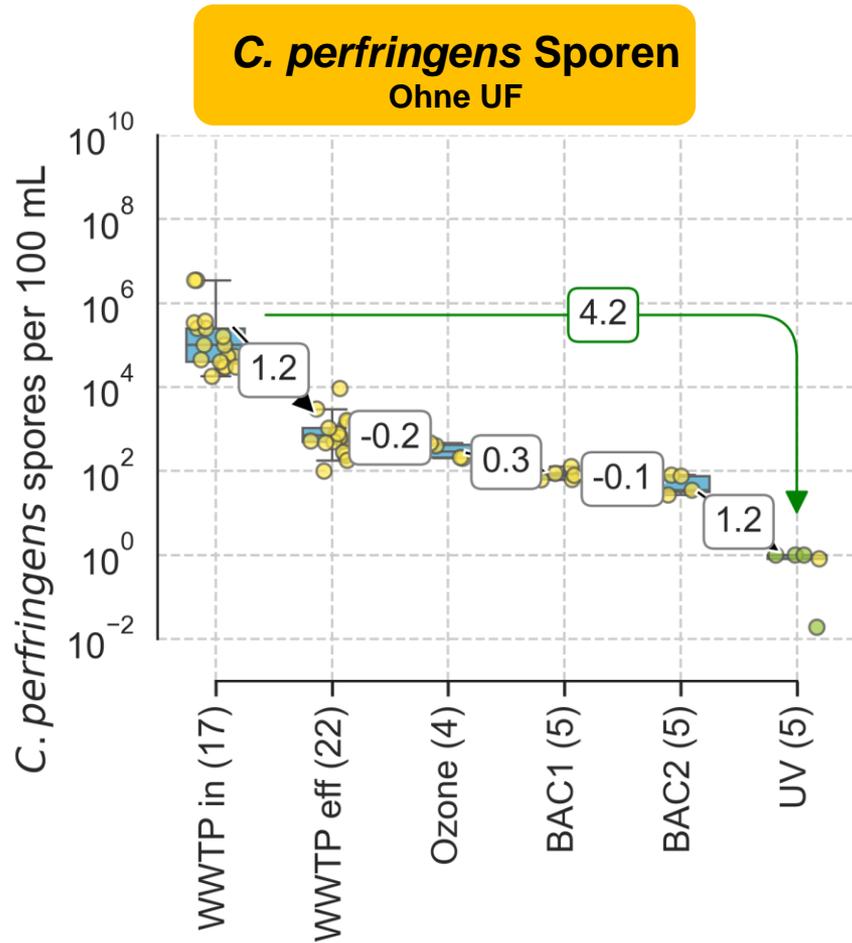
REDUKTIONSLEISTUNG PILOTANLAGE



6 Ergebnisse – Leistung der Pilotanlage

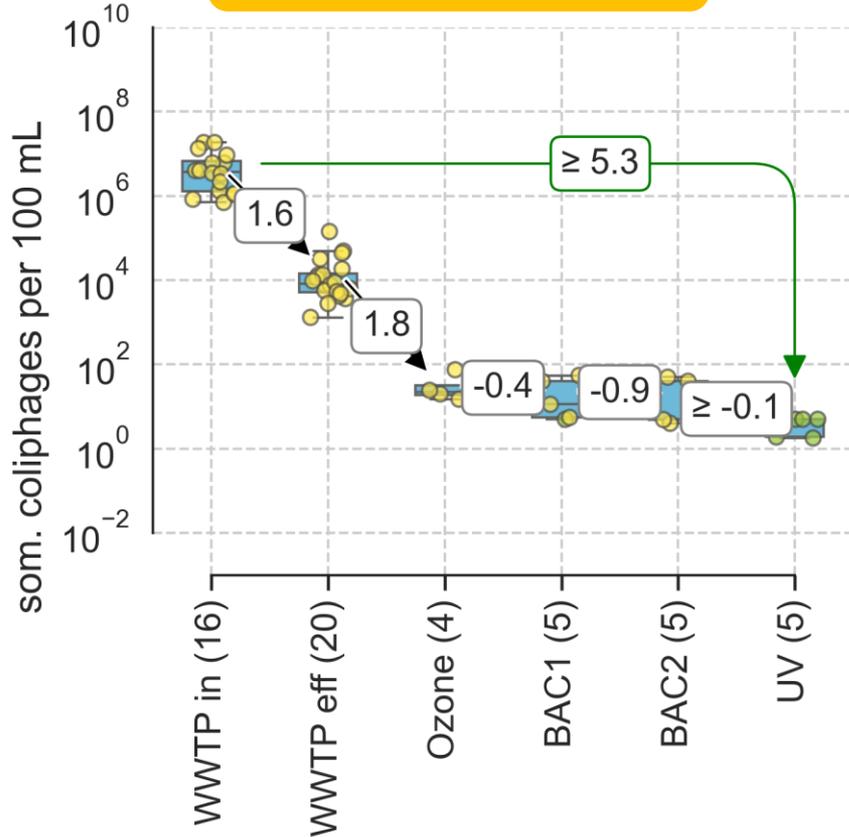


6 Ergebnisse – Leistung der Pilotanlage



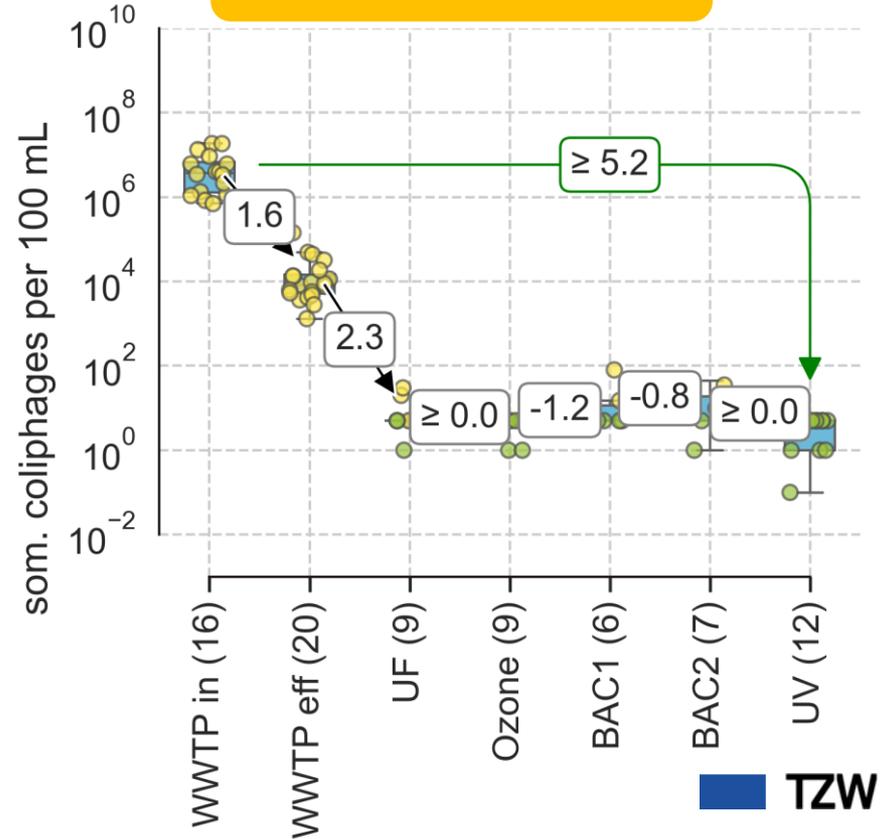
6 Ergebnisse – Leistung der Pilotanlage

Somatische Coliphagen Ohne UF

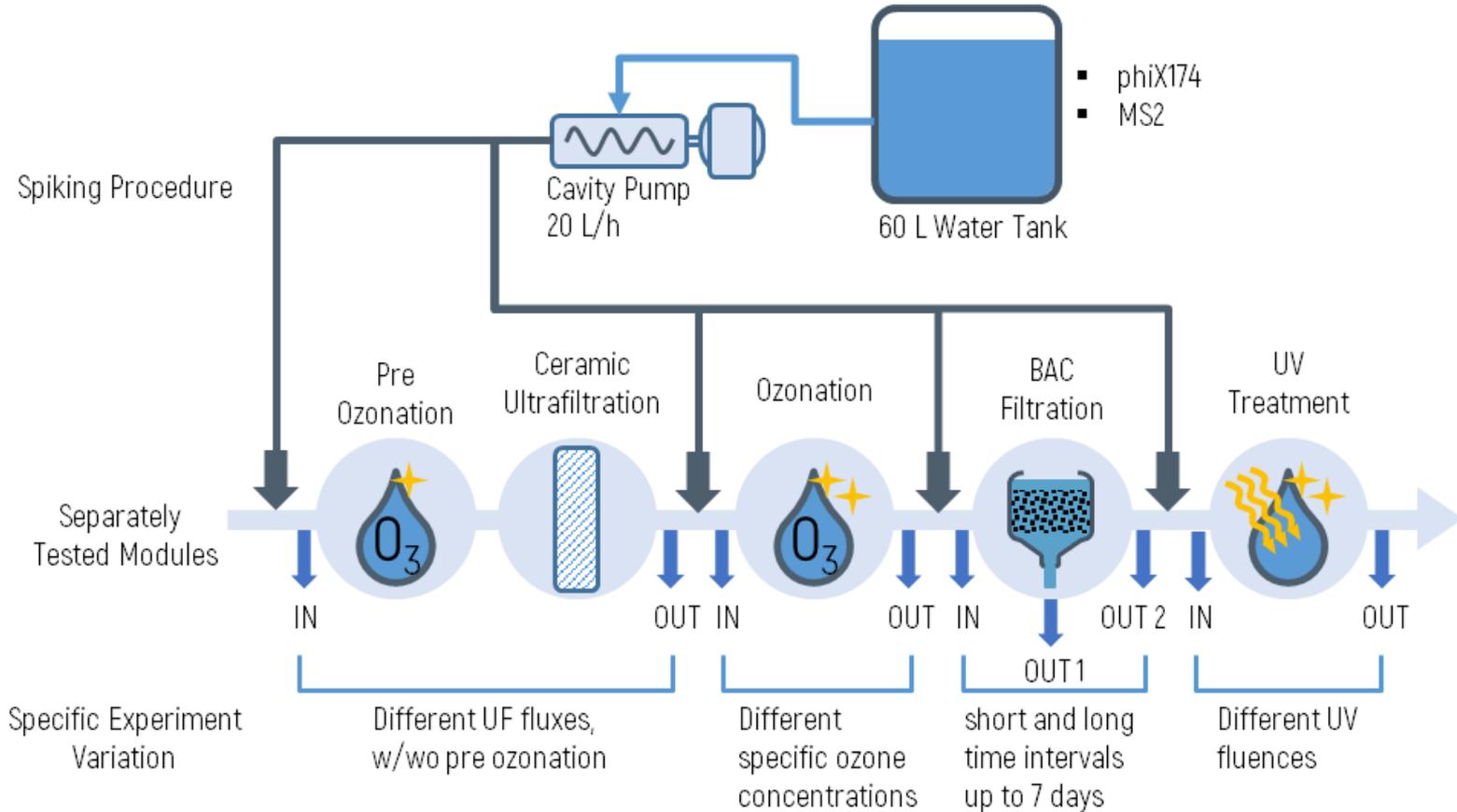


6 Log
Gefordert

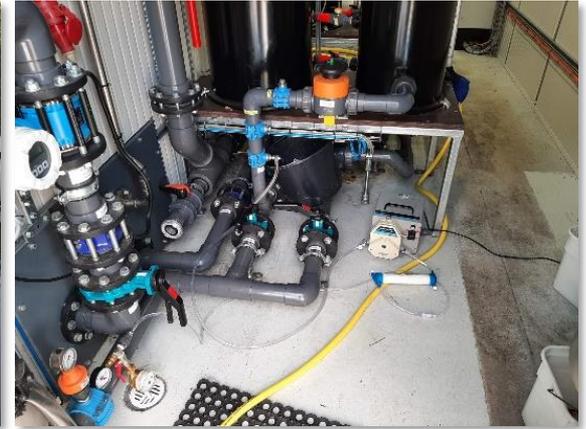
Somatische Coliphagen mit UF



7 Ergebnisse – Dosierversuche



7 Ergebnisse – Dosierversuche



BR[®] Kampf gegen die Dürre · Wie knapp ist unser Wasser?
31.07.2023 · UNKRAUT · BR Fernsehen **UT**



7 Ergebnisse – Dosierversuche



7 Ergebnisse – Dosierversuche

Log Reduktionsleistung einzelner Module der Pilotanlage



Keramische
Ultrafiltration



Ozon



BAC
Filtration



UV
Behandlung

MS2

≥ 5.6

≥ 6.7

+/- 0

3.3

phiX174

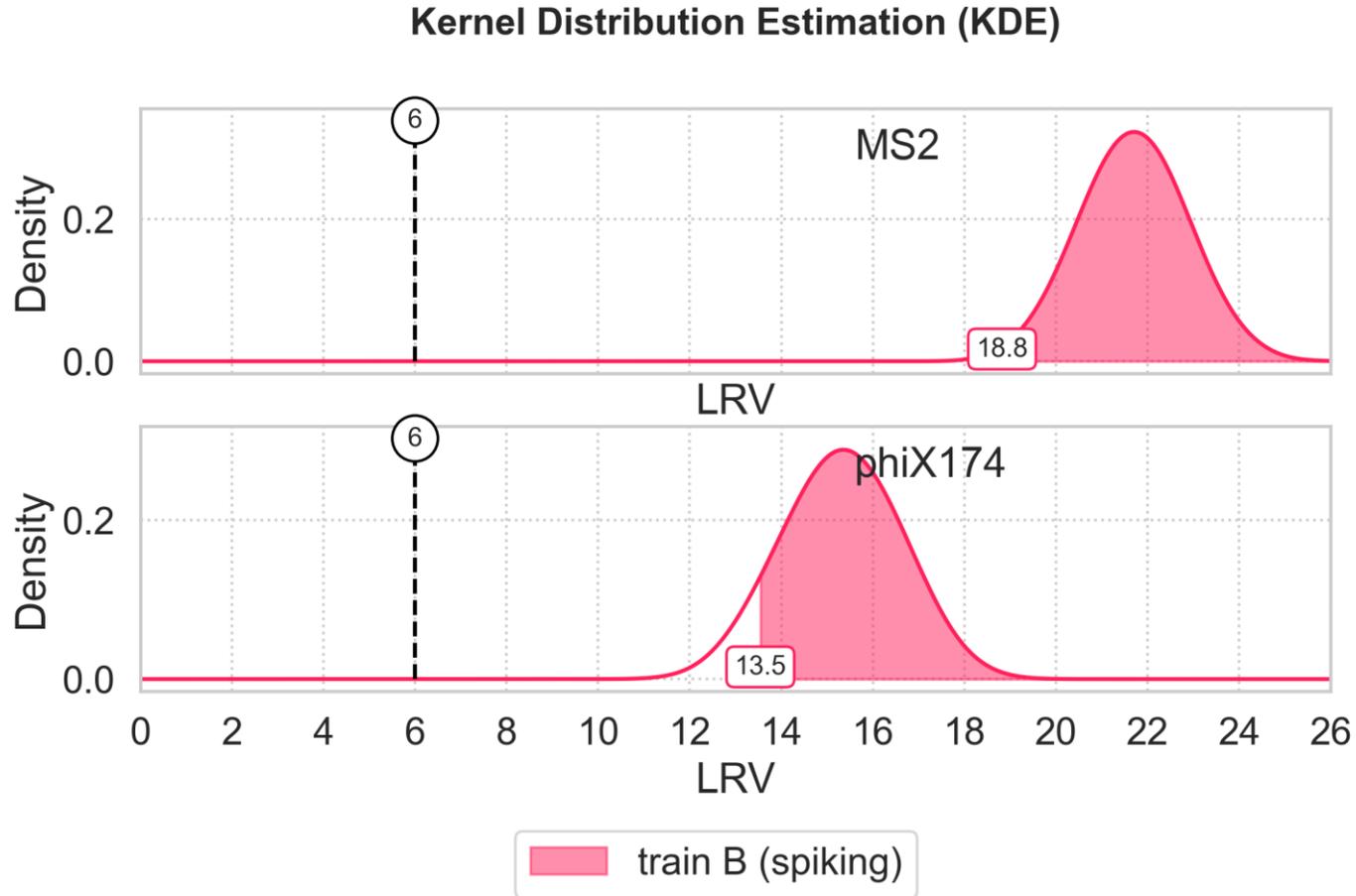
1.5

≥ 5.5

+/- 0

≥ 6.4

7 Ergebnisse – Dosierversuche



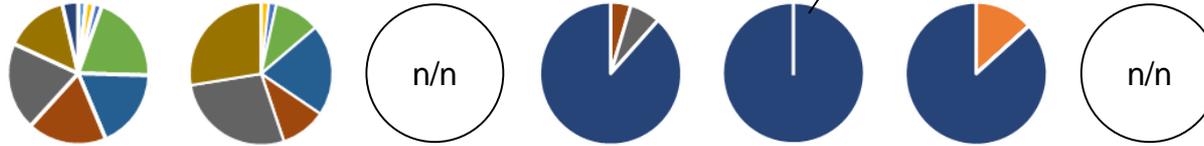
REDUKTIONSLEISTUNG WEITERE PARAMETER



8 Weitere Ergebnisse – Coliforme Bakterien

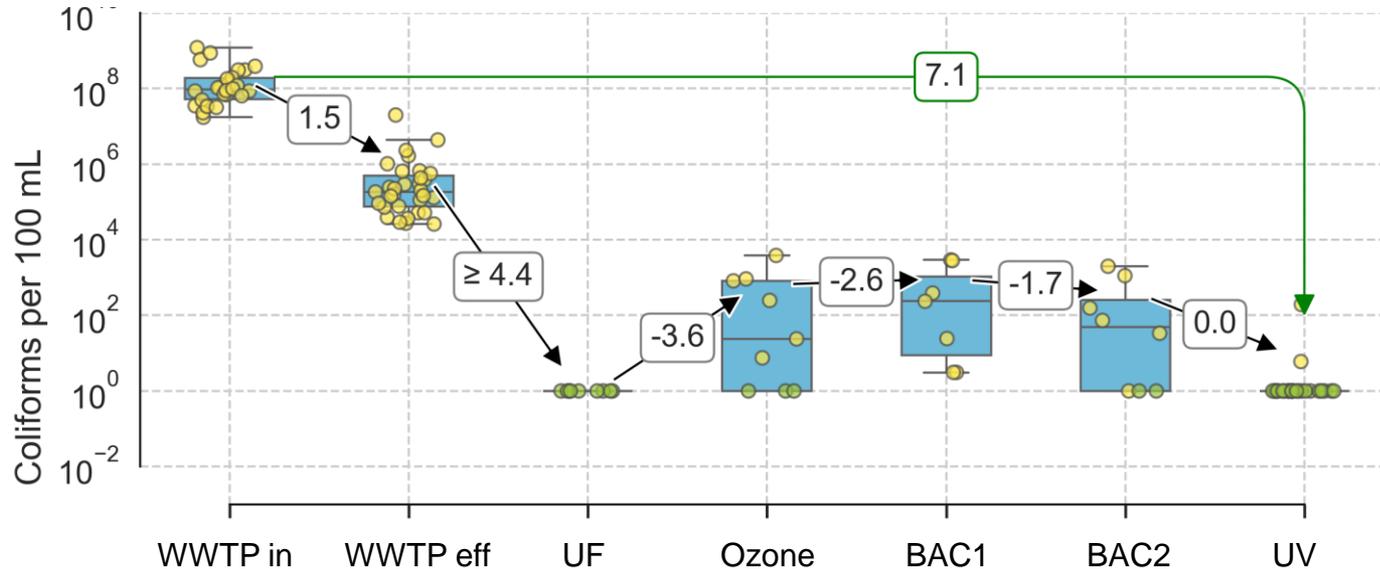


Identifizierung mit
MALDI-TOF-MS

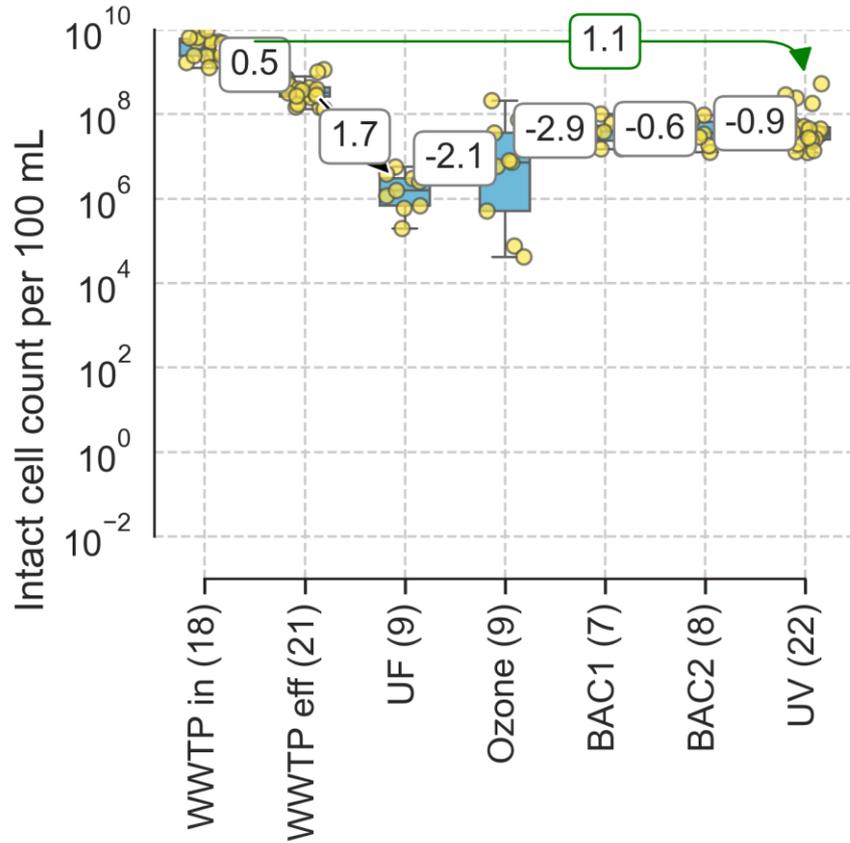


Lelliottia amnigena

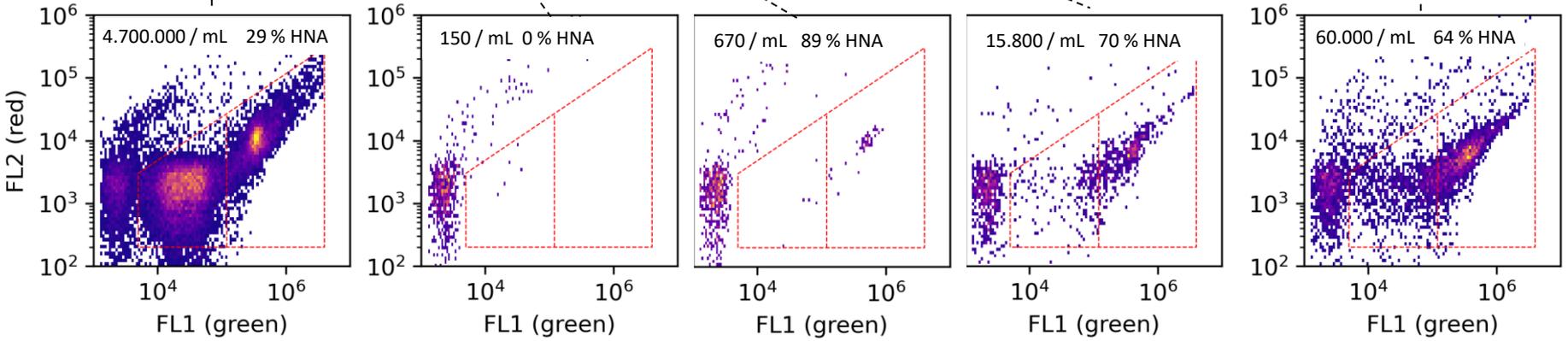
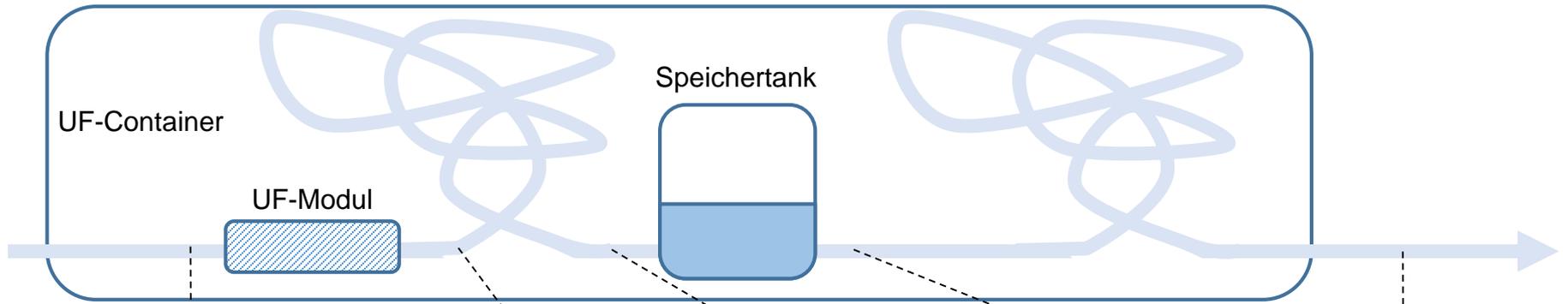
- *Aeromonas*
- *Shewanella*
- *Kosakonia*
- *Erischia*
- *Serratia*
- *Raoultella*
- *Kluyvera*
- *Citrobacter*
- *Enterobacter*
- *Klebsiella*
- *Lelliottia*



8 Weitere Ergebnisse – Intaktzellzahl



8 Weitere Ergebnisse – Intaktzellzahl



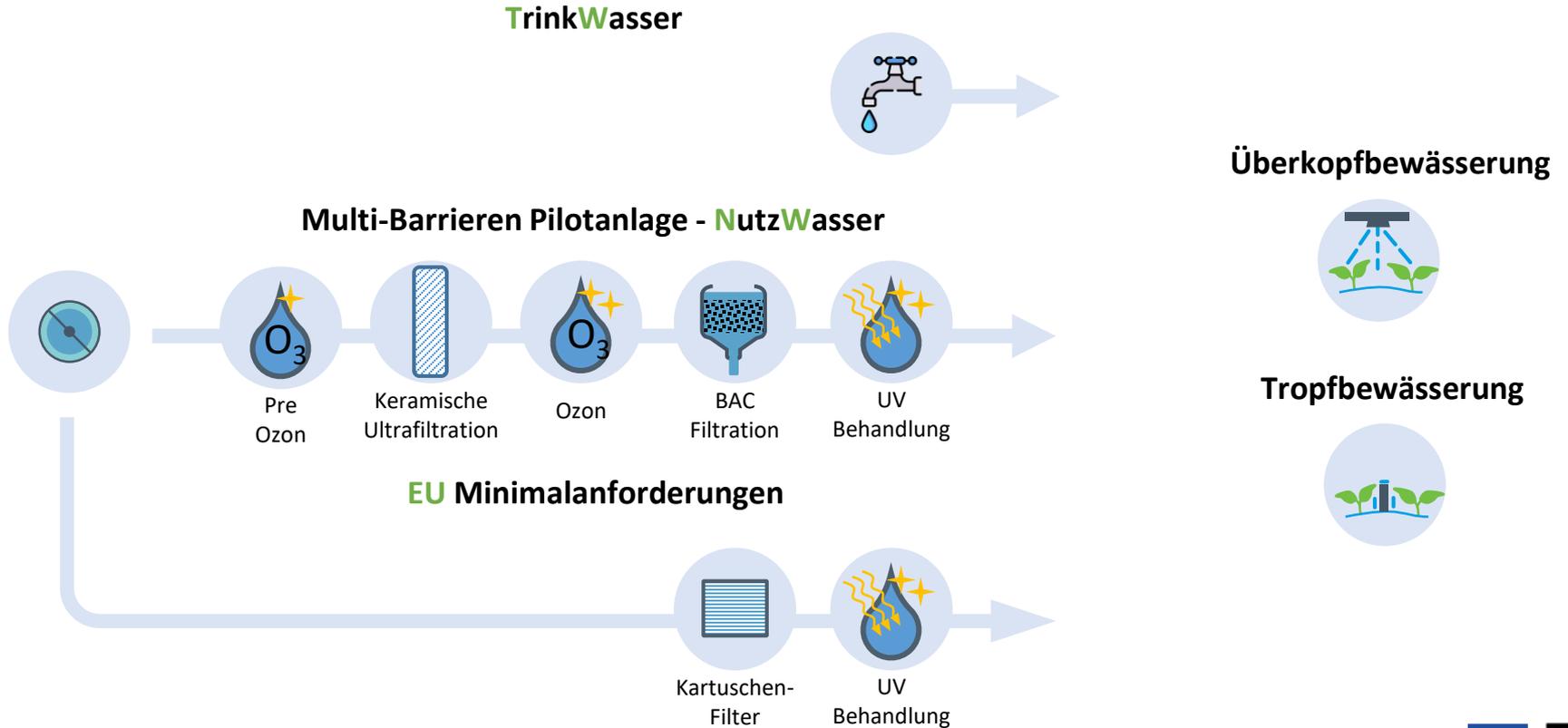
> 4,5 Log

1,9 Log

FELDFRÜCHTE

MELONEN, SALAT, TOMATEN

9 Ergebnisse – Feldfrüchte



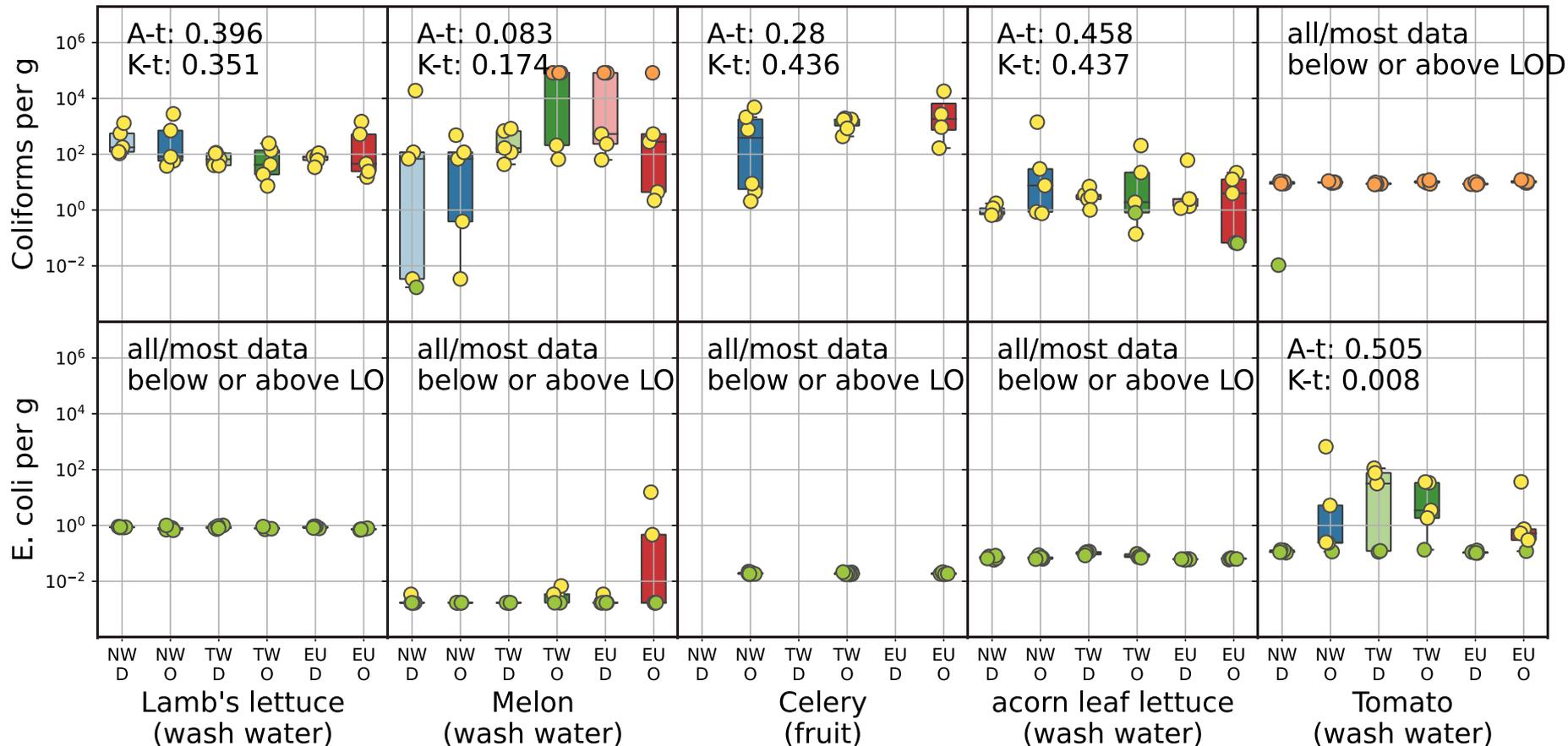
9 Ergebnisse – Feldfrüchte



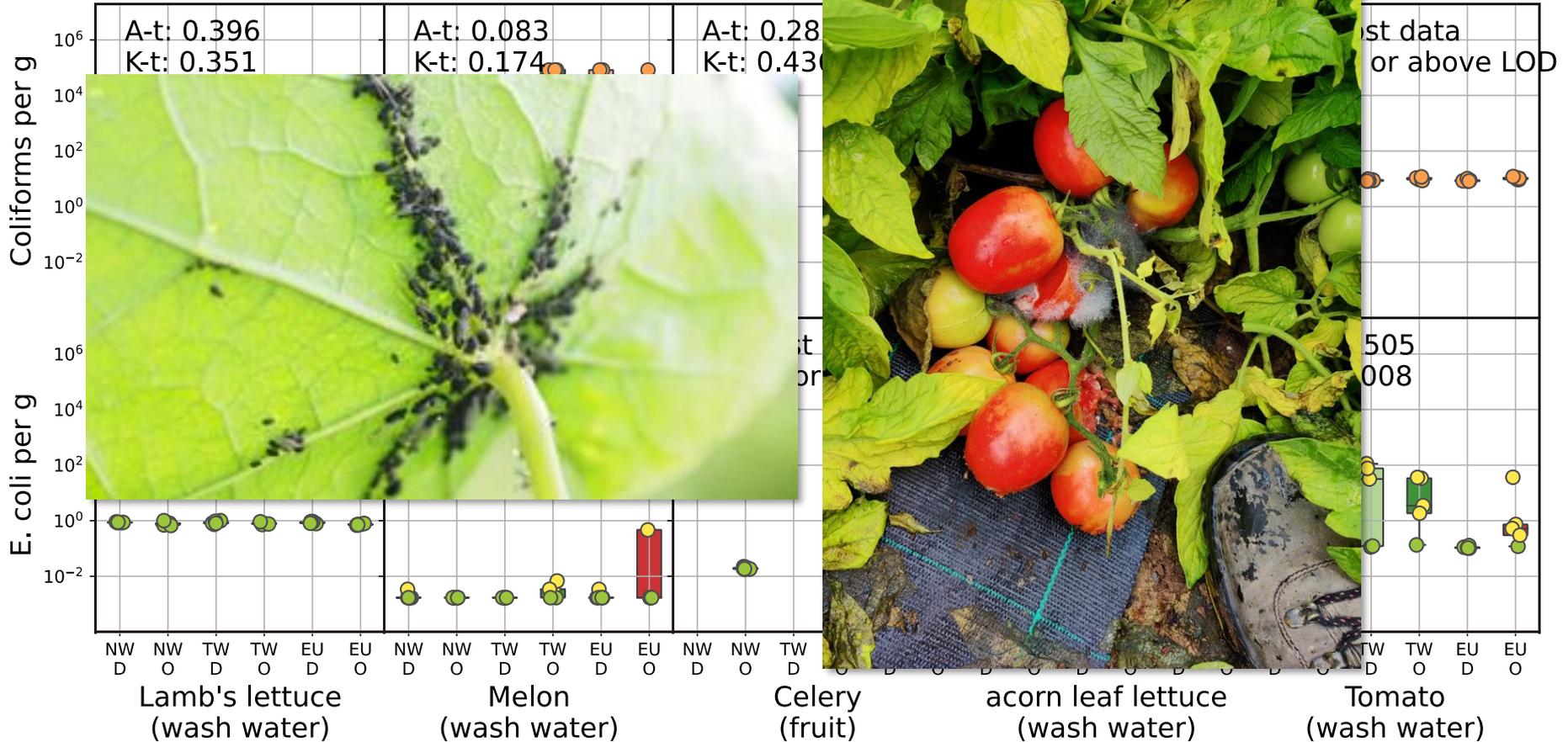
9 Ergebnisse – Feldfrüchte



9 Ergebnisse – Feldfrüchte



9 Ergebnisse – Feldfrüchte



9 Ergebnisse – Feldfrüchte

Untersuchungen mit Kulturverfahren

- *Coliforme*
 - *Enterokokken*
 - *E. coli*
 - *ESBL*
 - *Salmonellen*
- 
- Stark schwankende Konzentrationen
 - *Umweltbakterien*
 - Nur bei Tomaten (→ Mäuse)
 - Keine positiven Befunde

Untersuchungen mit qPCR

- *C. perfringens*
 - *Salmonella*
 - *Campylobacter*
 - Shiga-Toxin I Gen
 - Shiga-Toxin II Gen
 - *Listeria monocytogenes*
- 
- Keine positiven Befunde
(bei sehr hoher 16S-Genkopienzahl)

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK



9 Fazit aus dem Projekt Nutzwasser

- **UF / O₃ / BAC / UV Behandlung der Pilot-Anlage** zeigt hohe Log-Entfernung für alle Parameter
- Untersuchte mikrobiologische Parameter im Nutzwasser **nicht nachweisbar**
(*E. coli*, Coliforme, Enterokokken, F+/ somatische Bakteriophagen, ESBL-Bakterien, Sporen von *C. perfringens*)
- **Anforderungen der EU-Norm** wurden im Pilotbetrieb erreicht
- **Keine Krankheitserreger** auf Feldfrüchten und **kein Unterschied** zwischen mit Nutzwasser und Trinkwasser bewässerten Pflanzen

9 Fazit und offene Fragen

- **Deutlich unterschiedliche Log-Reduktion** bei verschiedenen Viren in der Ultrafiltration
dennoch: insgesamt sehr hohe Entfernungsleistung
- **Wiederbewuchs** von Coliformen in der Pilotanlage
dennoch: Kein Parameter im Nutzwasser nachweisbar, MALDI-TOF-MS zeigt internen Wiederbewuchs (kein Durchbruch von Kläranlage)
- **Anstieg einiger Resistenzgene** nach UF und O₃ Behandlung
dennoch: Keine lebenden ESBL produzierenden Bakterien messbar. Insgesamt werden Resistenzgene um ca. 4 Log-Stufen reduziert

10 Und Danke !



Abonnieren Sie
unseren Newsletter
TZW NEWS.
Anmeldung auf
www.tzw.de



Dr. Johannes Ho

Wassermikrobiologie / Umweltbiotechnologie und Molekularbiologie

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

Karlsruher Straße 84

76139 Karlsruhe

Johannes.Ho@tzw.de