



FlexTreat



Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft Synergien mit nationaler Spurenstoffstrategie nutzen

M. Stapf (KWB), J. Heinze (AVB), J. Gebhardt (Xylem), N. Zacharias (IHPH), N. Hermes (BfG)

Spurenstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf, 27. - 28. März 2023



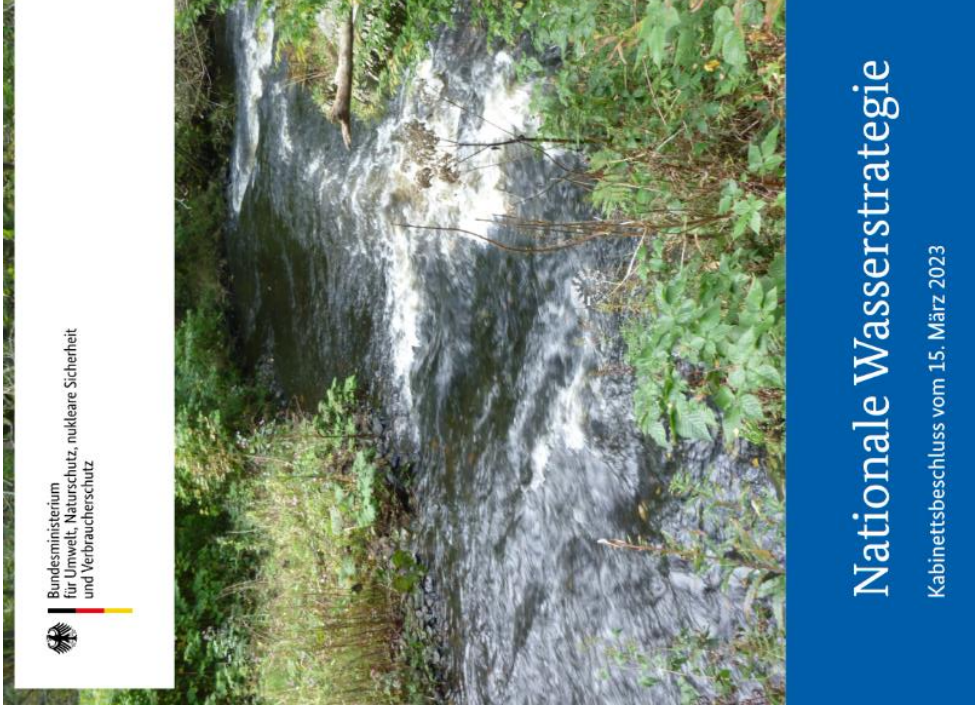
III. Aktionsprogramm Wasser

4. Risiken durch Stoffeinträge begrenzen

- Aktion 25: Spurenstoffdialog fortführen und inhaltlich weiterentwickeln
- Aktion 26: Null-Schadstoff-Aktionsplan begleiten und umsetzen
 - u.a. Kommunalabwasserrichtlinie 91/271/EWG
- Aktion 28: Weitere UQN im Bereich der Wasserpolitik festschreiben
- Aktion 36: Vierte Reinigungsstufe
 - **Spurenstoffentfernung auf mehr KA**, ggf. auch Hot-Spots
- Aktion 37: Herstellerverantwortung regeln

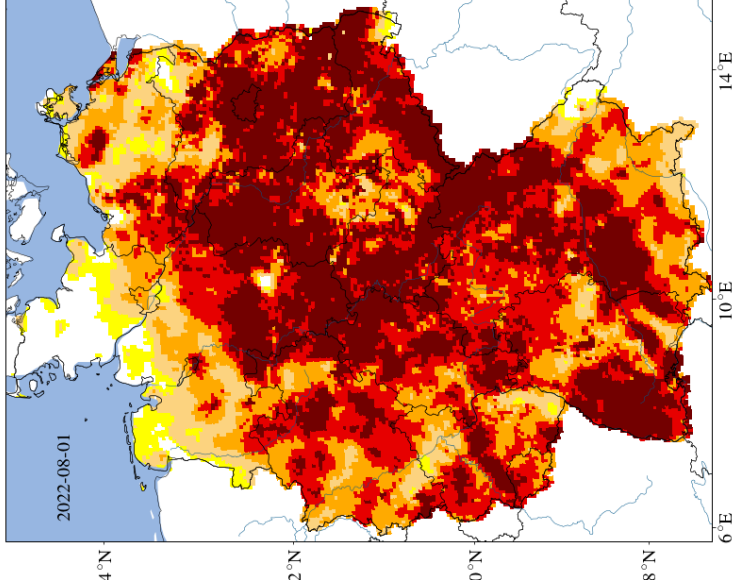
5. Wasser-, Energie- und Stoffkreisläufe verbinden

- Aktion 54: Stärkung der Wasserwiederverwendung
 - **EU VO 2020/741** über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung in deutsches Recht umgesetzt
 - Leitplanken für weitere Nutzungen von aufbereitetem Abwasser entwickeln

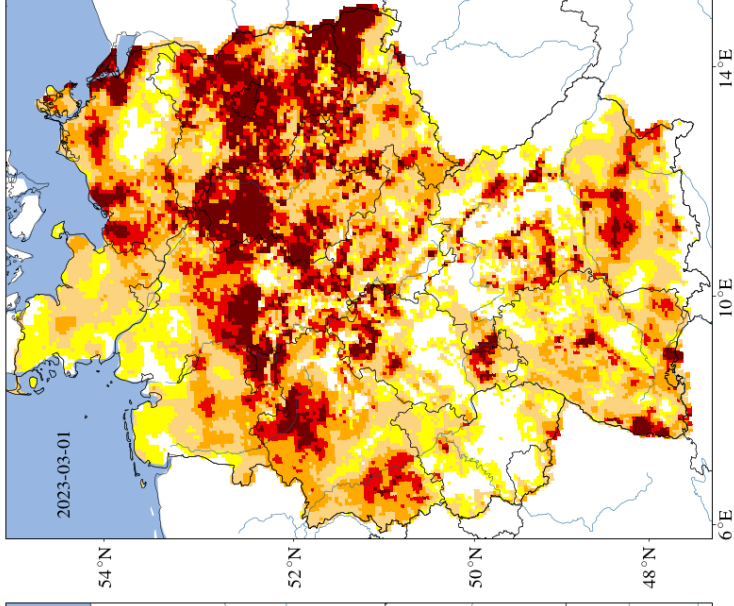


Nasserknappheit auch in Deutschland?!

August 2022

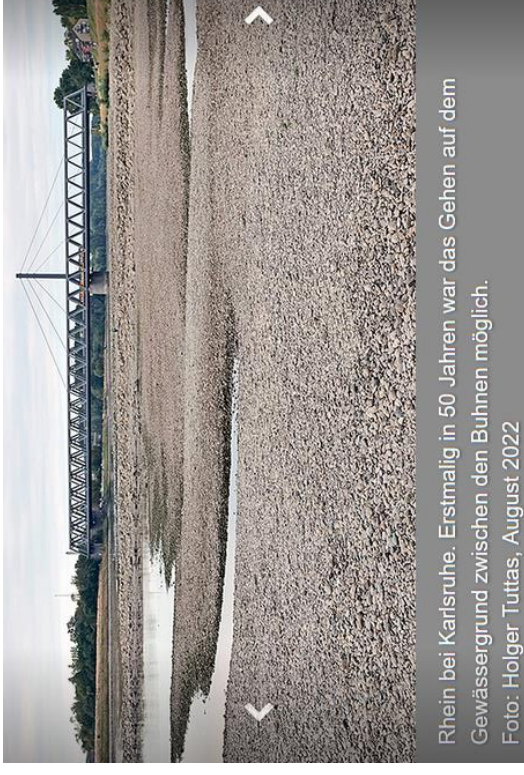


März 2023

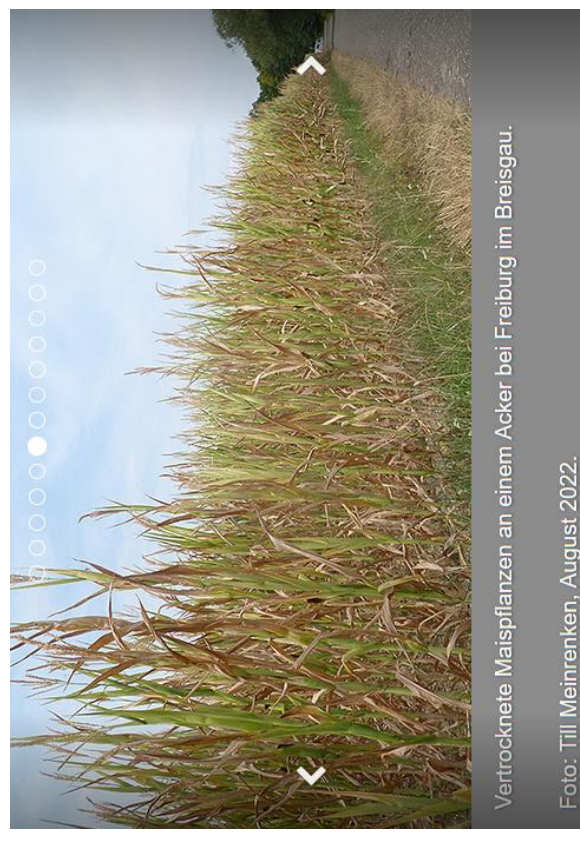


Gesamtboden

UFZ-Dürremonitor/ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung



Rhein bei Karlsruhe. Erstmals in 50 Jahren war das Gehen auf dem Gewässergrund zwischen den Bühnen möglich.
Foto: Holger Tuttas, August 2022



Vertrocknete Maispflanzen an einem Acker bei Freiburg im Breisgau.
Foto: Till Meinrenken, August 2022.

Anforderungen an die Wasserqualität (EU VO 2020/741)

Güteklasse	Technologie	E. Coli (Anzahl/100 ml)	BSB ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Trübung (NTU)
A	Mech.-biolog., Filtration, Desinfektion	≤ 10 (max. 100)	≤ 10 (max. 20)	≤ 10 (max. 20)	≤ 5 (max. 10)
B	Mech.-biolog., Desinfektion	≤ 100 (max. 1.000)	≤ 25 (max. 50) oder 70 – 90 % Verringerung	≤ 35 (max. 52,5) oder >90 % Verringerung	-
C	Mech.-biolog., Desinfektion	≤ 1.000 (max. 10.000)			
D	Mech.-biolog., Desinfektion	≤ 10.000 (max. 100.000)			

Weitere Anforderungen

Intestinale Nematoden (IntN, Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
Legionella spp. (LegS): < 1 000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht

Prozessvalidierung vor Inbetriebnahme für Klasse A

- Bakterien (*E. coli*) ≥ 5 log₁₀-Reduktion
- Viren (z.B. somatische Coliphagen) ≥ 6 log₁₀-Reduktion
- Protozoen (z.B. *Clostridium perfringens*) ≥ 4 log₁₀-Reduktion

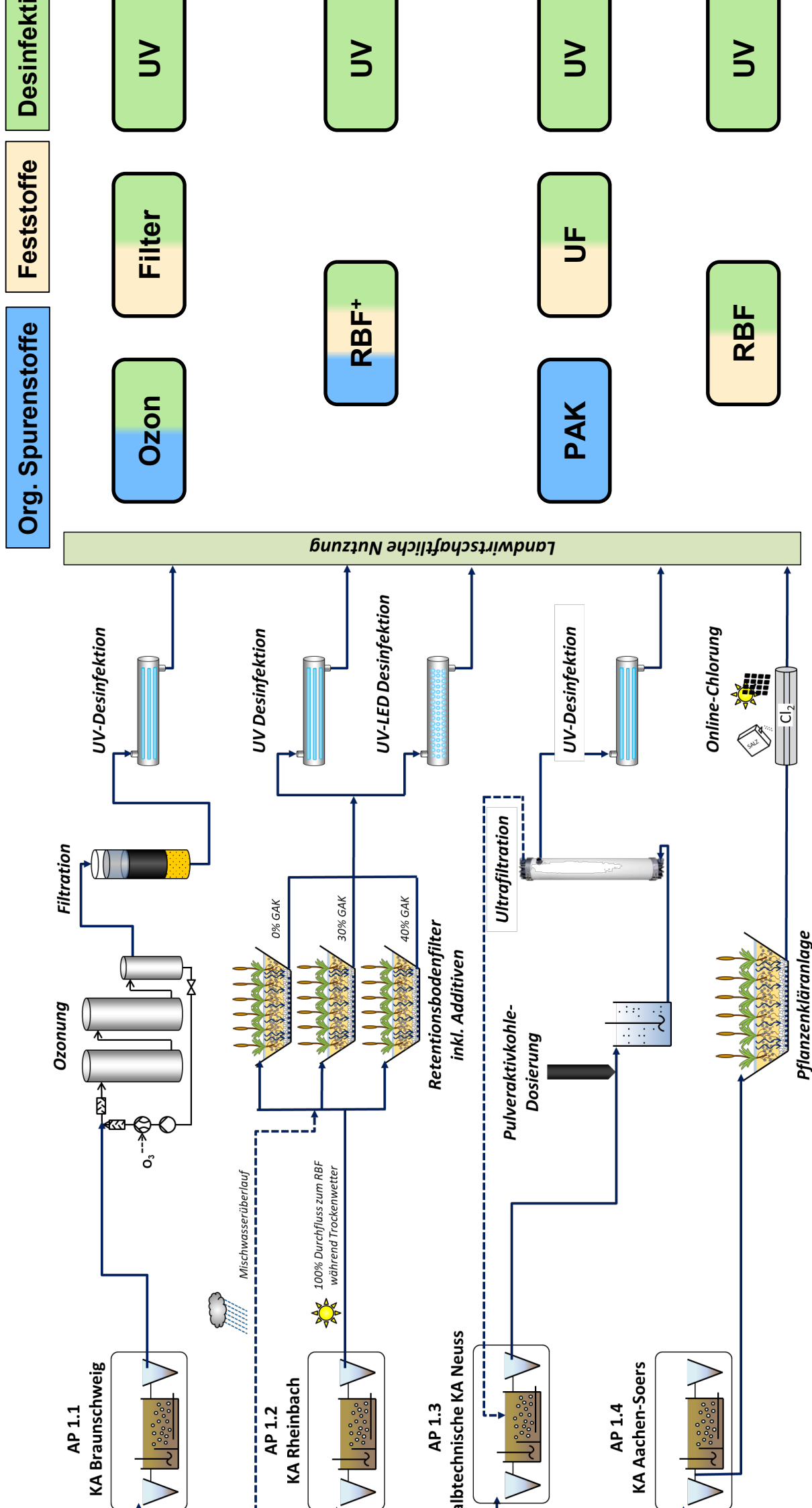
Technologieübersicht vs. Reinigungsziel (Beispiele)

Reinigungsziel	Ozonung	Aktivkohle	Raum- filtration	Tuchfilter / Mikrosieb	Membran- filtration (UF)	Chlorung (Cl ₂ / NaOCl)	UV- Desinfek
Feststoffe / Trübung	0	0	++	+	+++	0	0
	+ ²	0	(+) ¹	(+) ¹	+++	++ ³	++
Desinfektion	+	0	(+) ¹	(+) ¹	+++	++	++
	++	++	0	0	0	0	0
Antibiotikaresistente Bakterien	0	0	++	+ / +++ ⁴	+++	0	0
	0	0	++	+	+++	0	0

*geringe Reduktion durch Feststoffentfernung möglich
 bei einem spezifischen Ozoneintrag von 0,5 – 0,7 mgO₃/mgDOC, Ziel der Ozonung = Spurenstoffentfernung
 hohe Reduktion von Viren und Bakterien, jedoch geringe Reduktion von Protozoen
 > 50 µm*

*Quelle: Miehe und Wintgens, in
 zur Essener Tagung 2020 (angepp*

Übersicht Pilotanlagen in FlexTreat

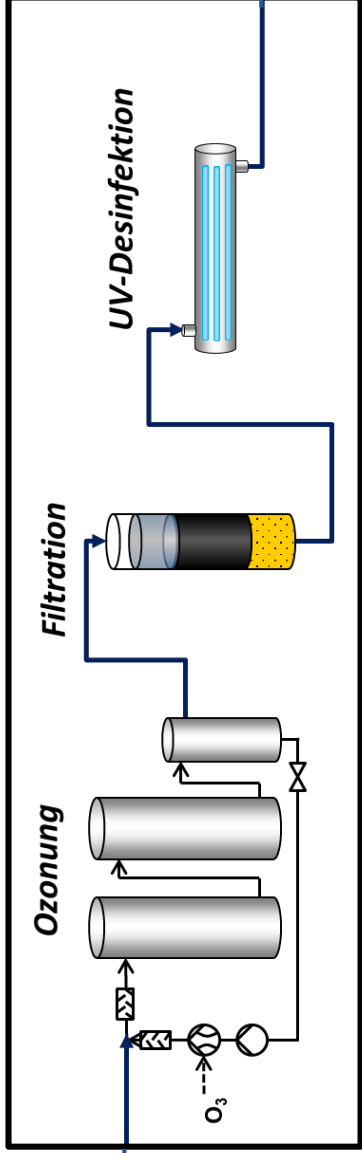
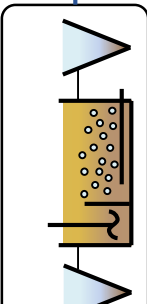


Vorstellung Fallstudie Braunschweig

Betrieb + Überwachung

**Spurenstoff-Verbleib
Risikomanagement**

KA Braunschweig



Status quo

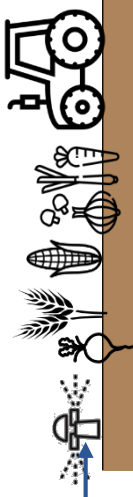
10 Mio m³/a



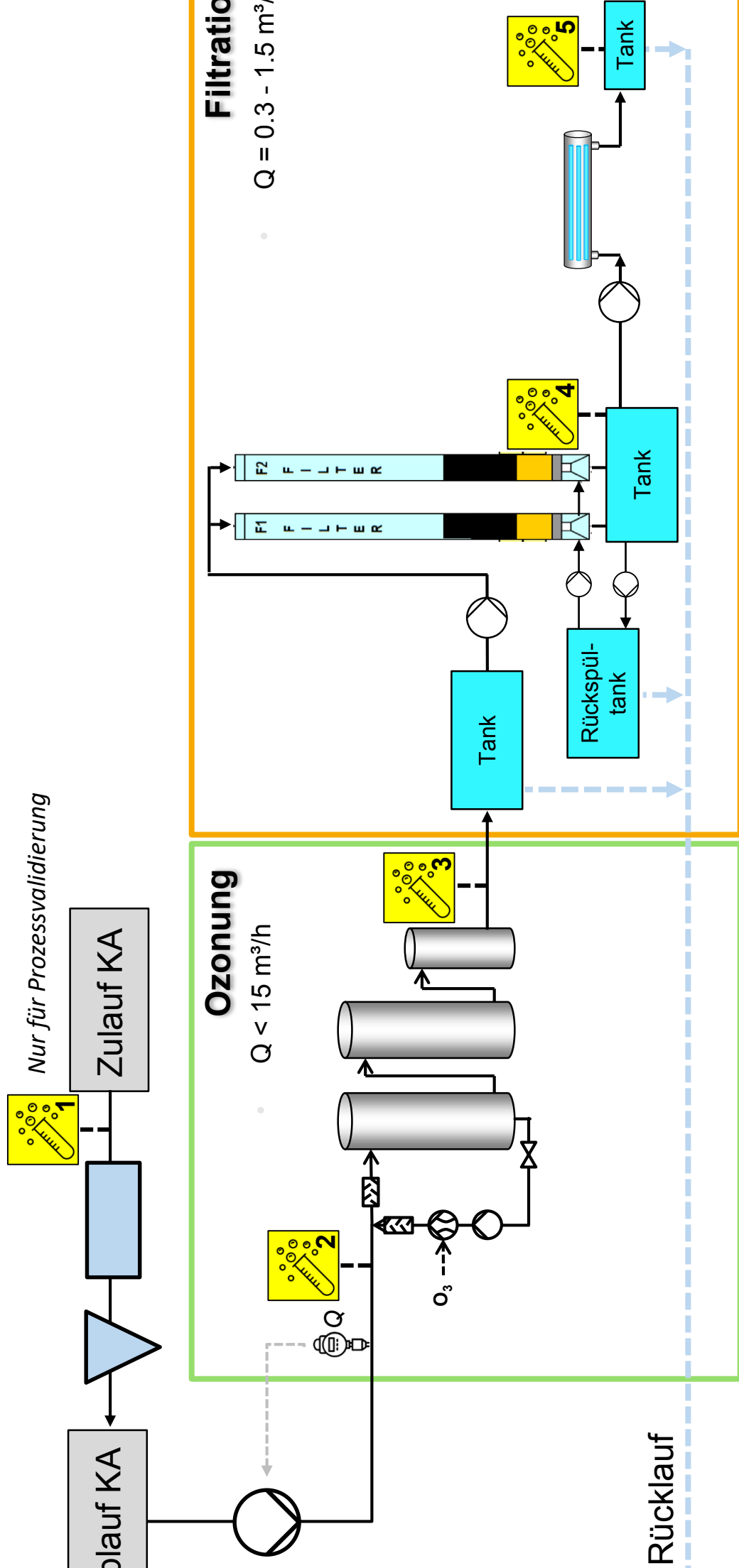
Pflanzen ohne
direkten Verzehr +
Energiepflanzen

Modell für Spuren
Transfer in den Aq

Beprobung von
Pflanzen-
kompartimenten



Erweitertes
Anbauspektrum





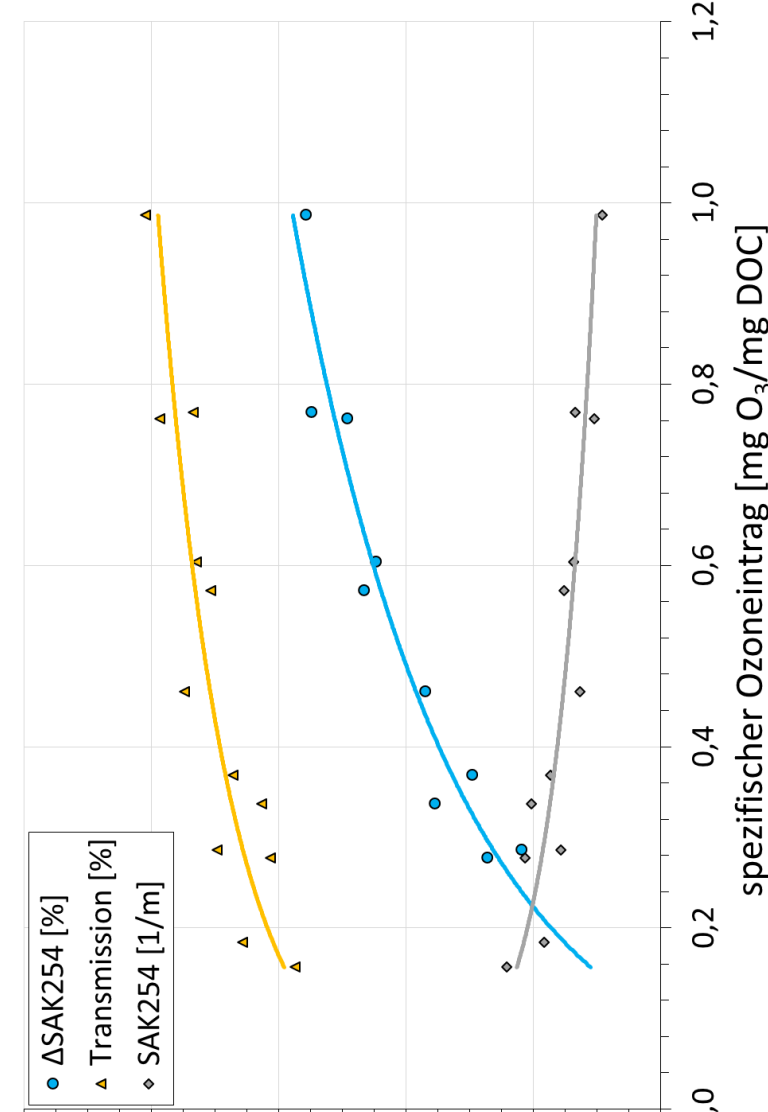
$$\text{UV-Dosis [J/m}^2\text{]} \approx \text{UV-Intensität [W/m}^2\text{]} * \text{Verweilzeit [s]} * \text{Korrekturfaktor [-]}$$

Anzahl Lampen, Lampenleistung,
UV-Durchlässigkeit des Wassers (Transmission)

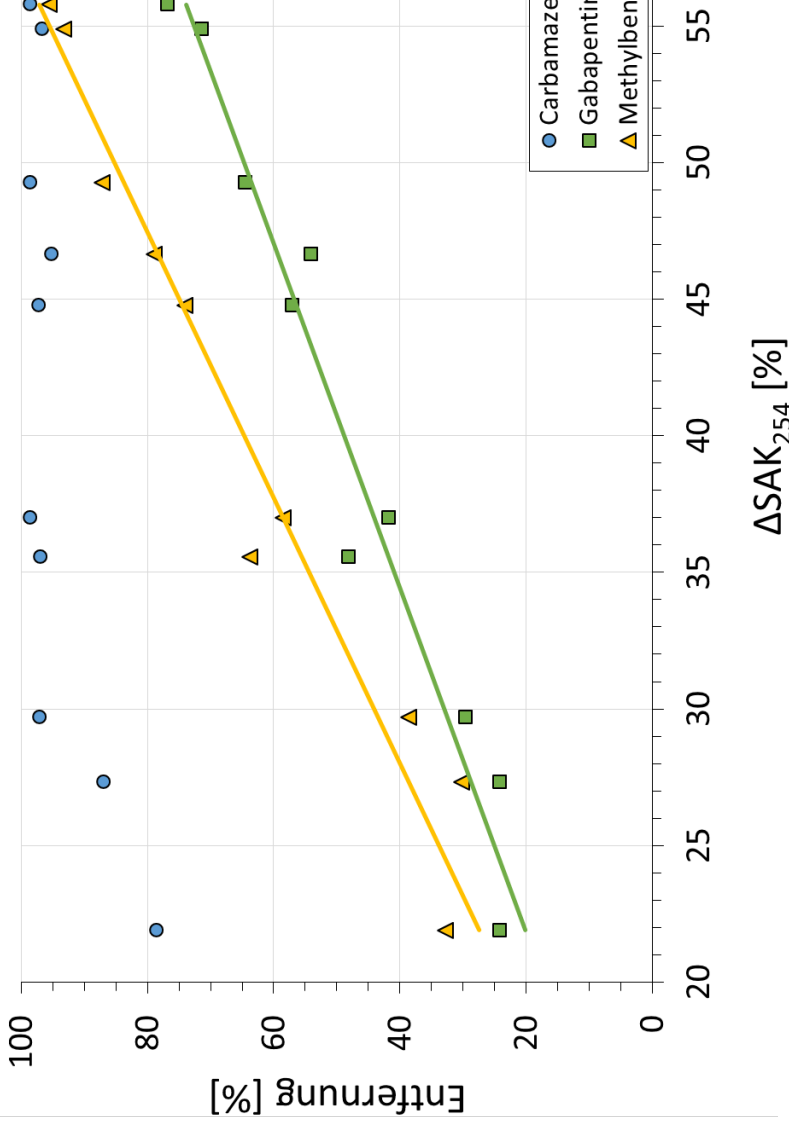
Reaktorvolumen,
Durchfluss

Reaktorgeometrie,
Strömung ...

Einfluss der Ozonung auf SAK₂₅₄ und Spurenstoffe

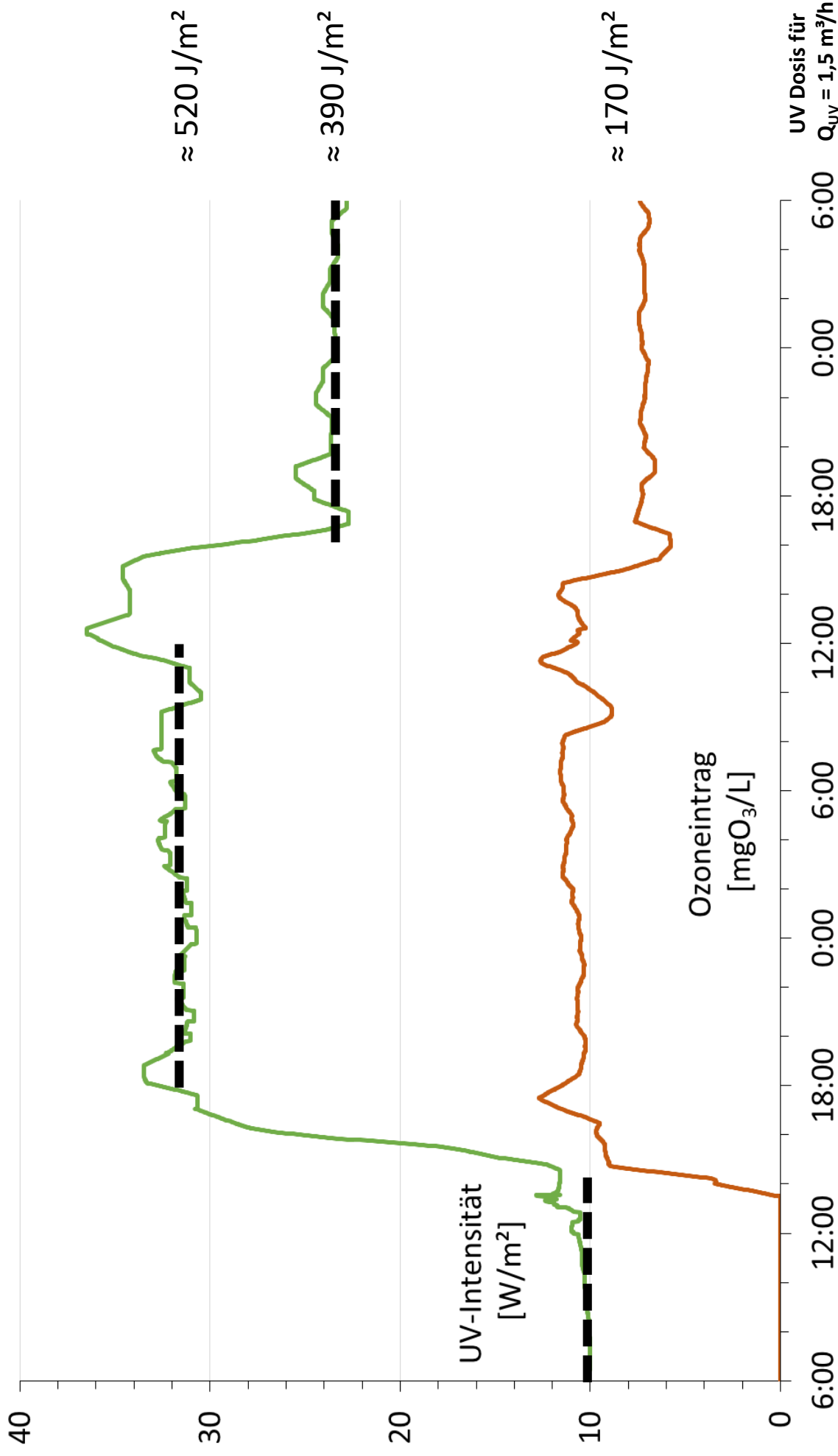


- Spezifischer Ozoneintrag**
- Normiert auf organischen Hintergrund (DOC = gelöster organischer Kohlenstoff)
 - Zusätzliche Nitritmessung notwendig (3,43 mgO₃/mg-N)



- SAK₂₅₄ = spektraler Absorptionskoeffizient (SAK) bei 254 nm [1/m]**
- Photometrische Messung
 - ΔSAK₂₅₄ = relative SAK₂₅₄ Reduzierung

Einfluss der Ozonung auf die UV-Intensität / UV-Dosis



Betriebseinstellung:

- Ozonung: Regelung auf $\Delta\text{SAK}_{254} = 34\%$ bzw. 47% ($\approx 0,4$ bzw. $0,7 \text{ mgO}_3/\text{mgDOC}$)
- Filter: Filtergeschwindigkeit = 10 m/h ($Q_{\text{Filter,ges}} = 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$)
- UV: UV-Dosis = $200 - 600 \text{ J/m}^2$ (70 W , $Q_{\text{UV}} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$)

Messung:

- 24h Mischproben
- physikalisch-chemische Wasserqualitätsparameter
- Spurenstoffe / Transformationsprodukte / Non-target
- Mikrobiologische Parameter / Antibiotikaresistente Keime bzw. Gene

Parameter	Einheit	Zulauf Ozonung	Ablauf Filter 34%	Ablauf Filter 47%
DOC	mg/l	15,2 ± 1,2	-	-
Nitrit*	mg-N/l	0,15 ± 0,16	-	-
BSB ₅ #	mg/l	4,1 ± 2,7	-	-
SAK	1/m	28,8 ± 3,9	17,4 ± 2,8	15,5 ± 3,0
Transmission	%	51,8 ± 4,6	67,2 ± 4,1	70,2 ± 4,8
Trübung	NTU	3,8 ± 2,1	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,3
AFS	mg/l	3,9 ± 2,8	1,7 ± 0,6	1,7 ± 0,6



≤ 10



≤ 5



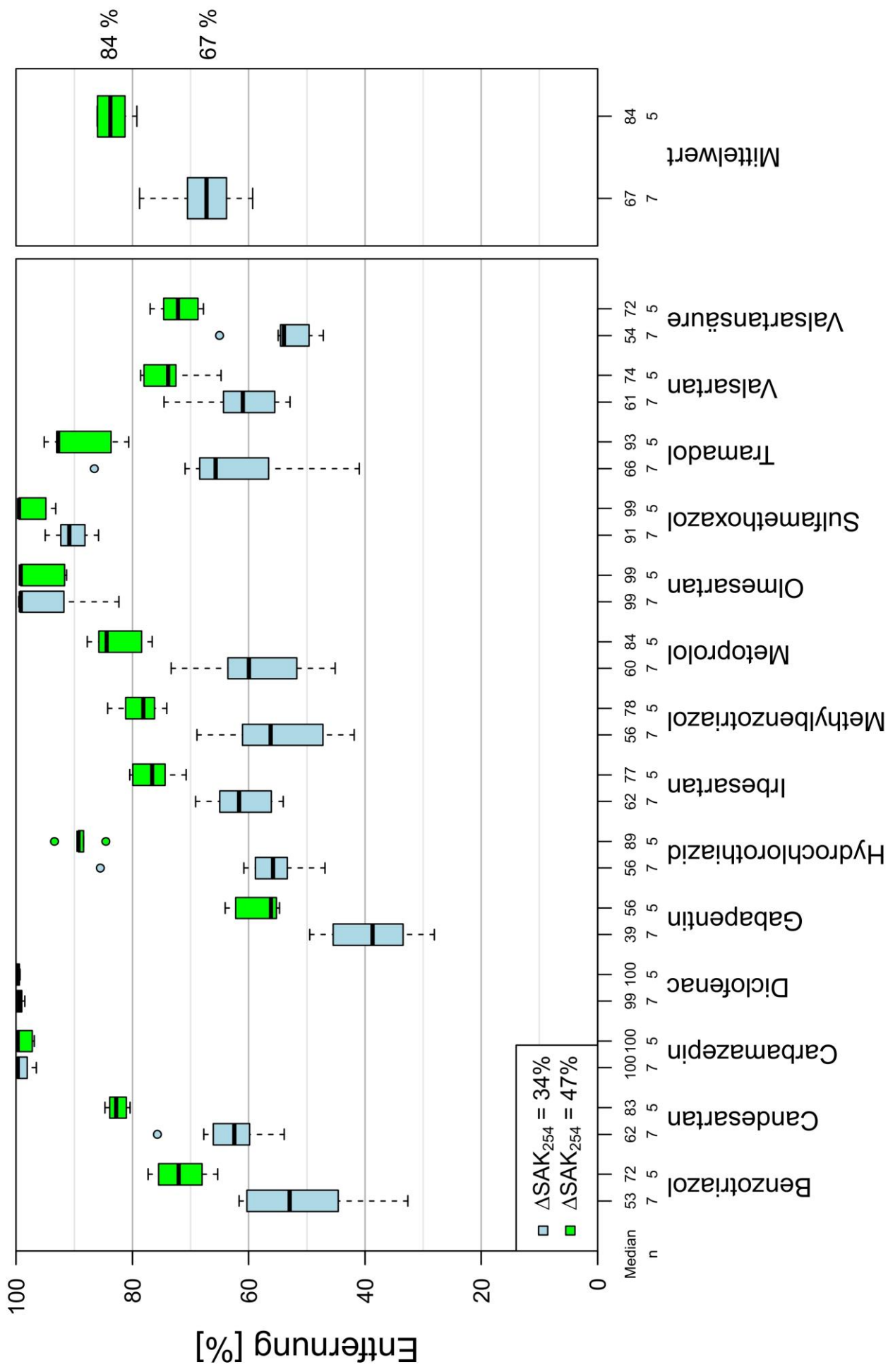
≤ 10

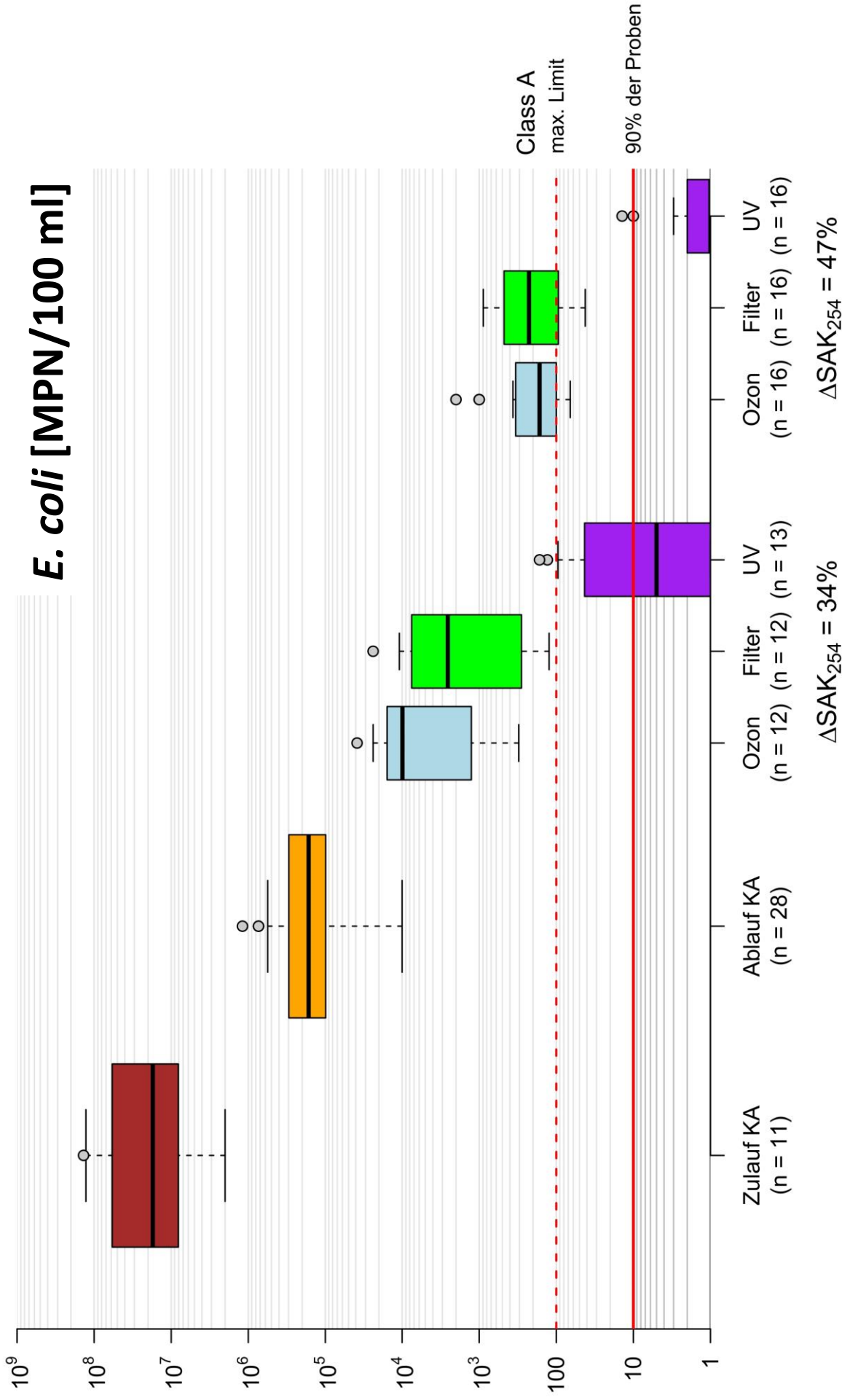
* meist < 0,1 mg-N/L

Messung durch KA April-Oktober 2022

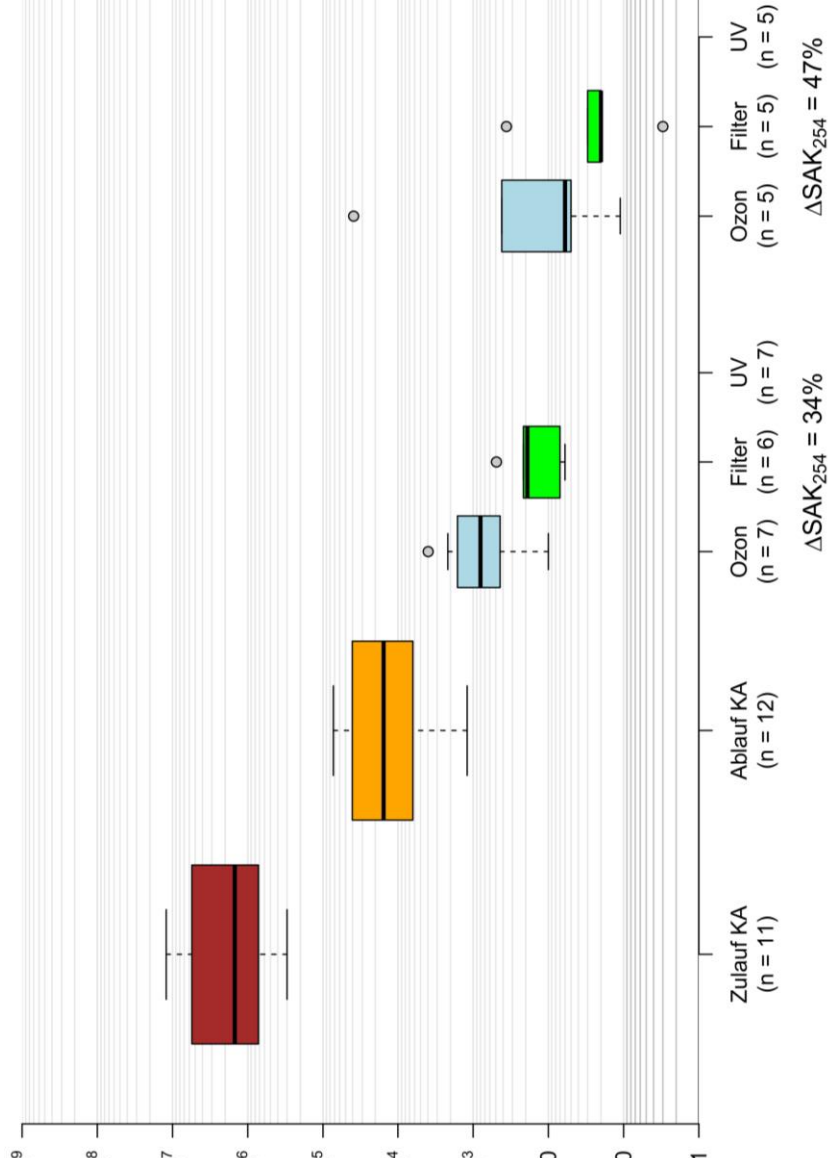
Werte < BG = ½ BG

Spurenstoffentfernung durch die Ozonung





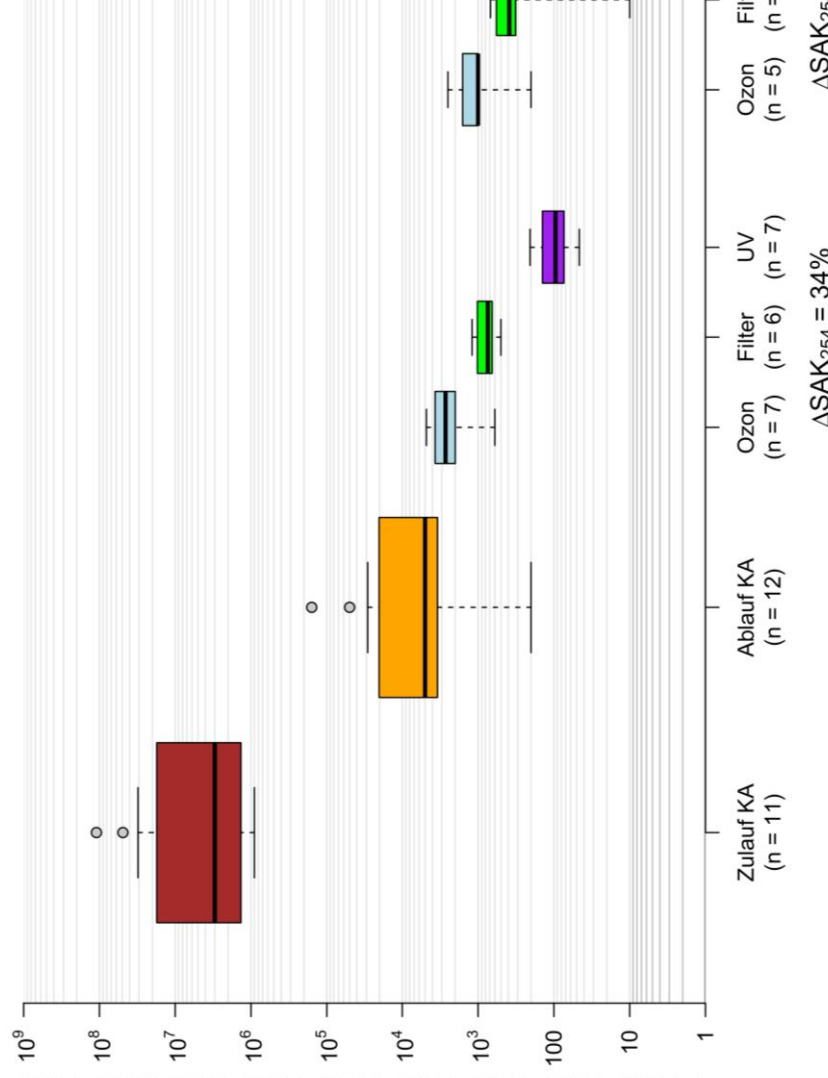
Somatische Coliphagen [KBE/100 ml]



Nach UV keine somatischen Coliphagen nachweisbar

Ziel $\geq 6 \log_{10}$ -Entfernung möglich

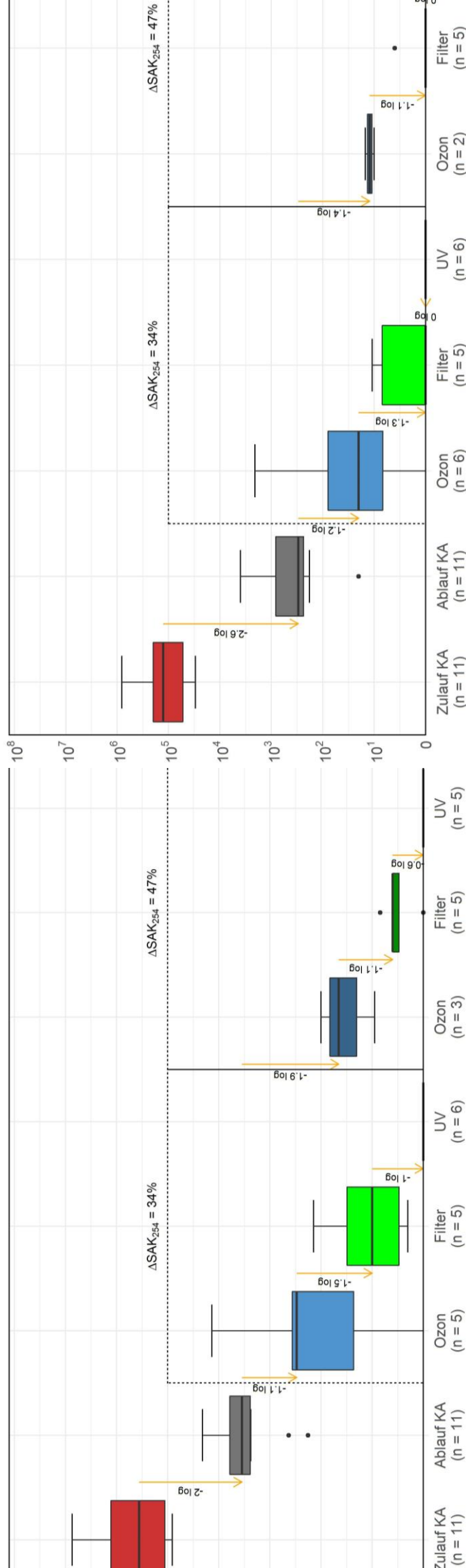
Clostridium perfringens [KBE/100 ml]



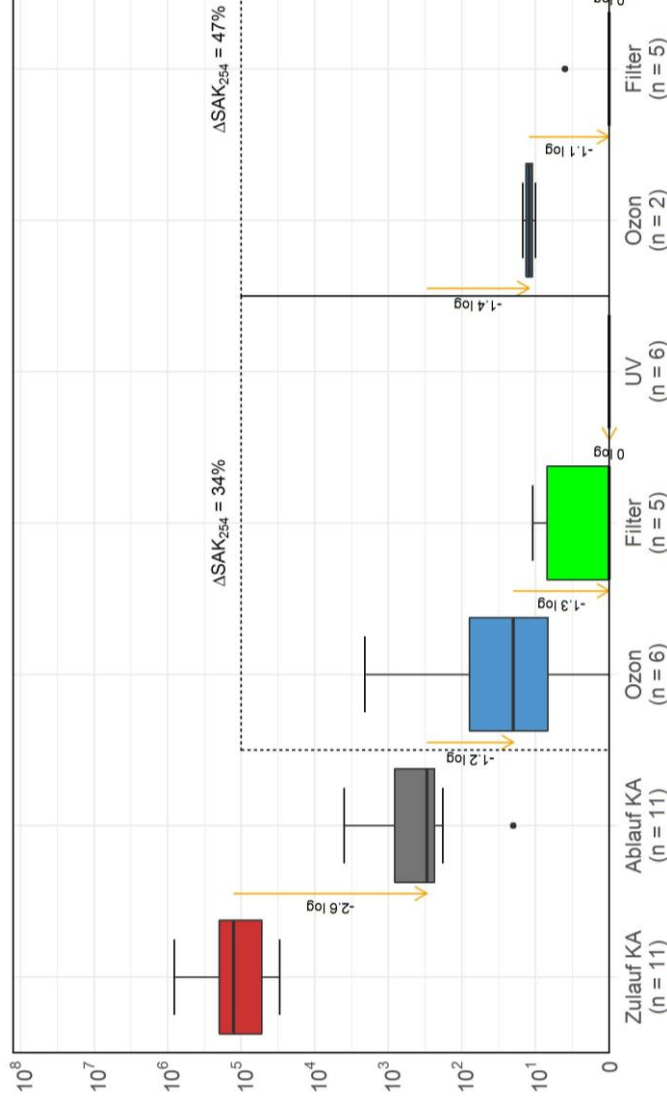
Mittlere Log – Entfernung: 4,7 (34%) bzw. 5,4 (47%)

Ziel $\geq 4 \log_{10}$ -Entfernung möglich

ESBL - *E. coli* [KBE/100 ml]



ESBL – KEC [KBE/100 ml]

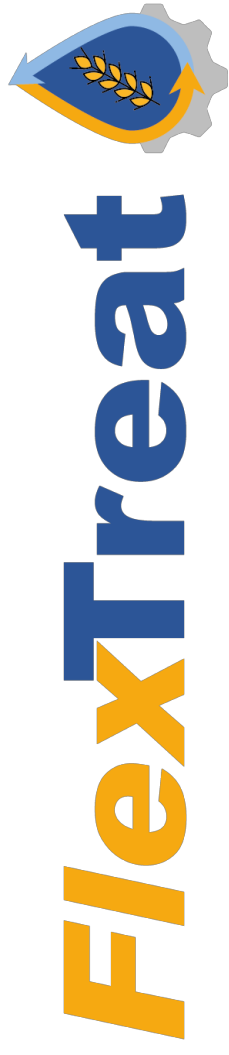


3GCR – *Pseudomonas* spp.
 3GCR – *Acinetobacter* spp.

Nach UV ebenfalls nicht mehr nachweisbar

(extended spectrum beta-lactamase)-Bildner
 Klebsiella, Enterobacter, Citrobacter
 R: resistent gegenüber 3. Generations-Cephalosporinen

- Synergetische Effekte von Ozonung und UV-Desinfektion
- Doppelrolle Filter:
 - biologische Nachbehandlung der Ozonung
 - Verringerung von Feststoffen / Trübung für UV
- Güteklasse A nach EU VO 2020/741 ✓
 - jedoch nur mit UV-Desinfektion
- Validierungsanforderungen (Bakterien, Viren, Protozoen) ✓
- Verringerung von Antibiotika-resistenten Bakterien (ARB) ✓



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!

Ansprechpartner:

Name: Michael Stapf

Mail: michael.stapf@kompetenz.wasser.de

Tel.: (0)30 536 53 823