

Ohne uns läuft nix.



Spurenstoffe im Berliner Wasserkreislauf - EU-Projekt AQUANES

Situation in Berlin



- Geringe Abflüsse in Oberflächengewässern
- Schwache Verdünnung des gereinigten Abwassers
- Nutzung der Oberflächengewässer zur Uferfiltration und Grundwasseranreicherung für die Trinkwassergewinnung
- Teilgeschlossener Wasserkreislauf
- Steigender Arzneimittelkonsum aufgrund des demografischen Wandels
- Klimawandel intensiviert Kreislaufführung
- Herausforderung für die Trinkwasserversorgung



Teilgeschlossener Wasserkreislauf

Handlungsoptionen



- **Strategie:**

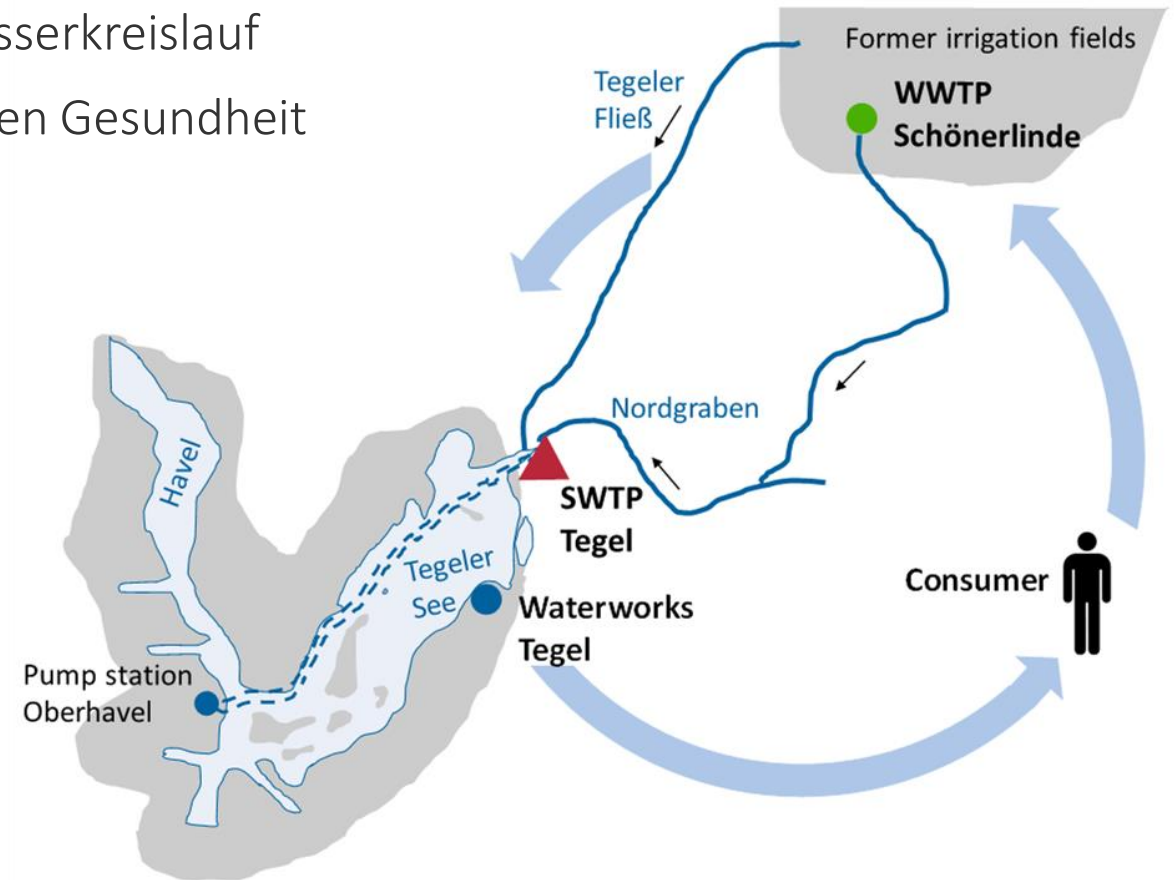
- Zusätzliche Technische Barriere im urbanen Wasserkreislauf
- Klärwerk als Standort → Schutz der menschlichen Gesundheit und der aquatischen Umwelt

- **Reinigungsziele:**

- Entfernung organischer Spurenstoffe
- Desinfektion
- Weitergehende Phosphorentfernung

- **Verfahrensoptionen:**

- Ozonung + Filtration
- Pulveraktivkohle (PAK)-Dosierung + Filtration
- Granulierte Aktivkohle (GAK)-Filtration

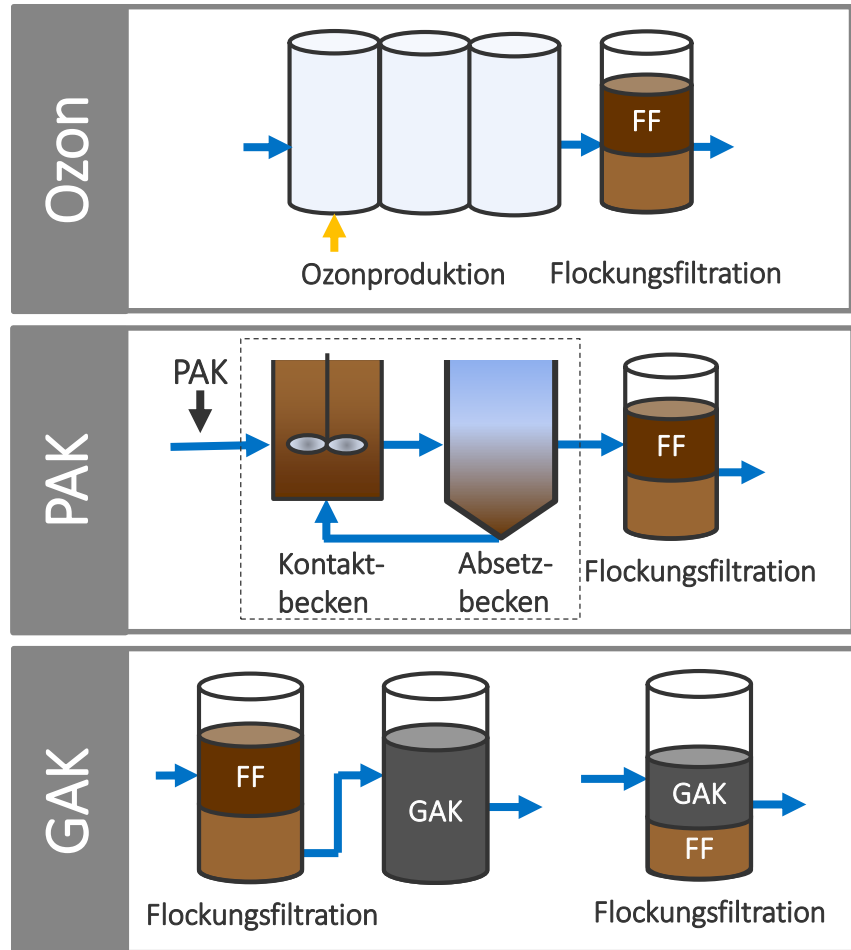


Optionen der Spurenstoffentfernung

Verfahrensbewertung im Rahmen der Projekte ASKURIS und IST4R



Pilotierung

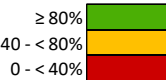


Bewertung

		Labor	Pilot	„Kosten“		Durchschnittlicher Eliminationsgrad [%]												
				g CO ₂ /m ³ _{OWA Ab.}	cent/m ³ _{OWA Ab.}	ATS	GAB	IOP	ACE	PRI	BEZ	BTA	MET	SMX	FAA	DCF	CBZ	
KW SCHÖ	Ozon		X	4,8 mg/L	47	2,3												
				8,4 mg/L	79	3,0												
				12 mg/L	111	4,0												
	Ozon +Filter		X	4,8 mg/L	67	5,0												
				8,4 mg/L	99	5,7												
				12 mg/L	131	6,7												
	PAK +Filter		X	12 mg/L	128	4,4												
				30 mg/L	290	6,6												
				48 mg/L	448	8,8												
PAK Simultan		X	12 mg/L	106	1,7													
			30 mg/L	264	3,7													
			48 mg/L	422	5,8													
OWA TEGEL	Ozon		X	4 mg/L	68	2,6												
				7 mg/L	114	3,8												
				10 mg/L	160	5,2												
	PAK		X	8 mg/L	131	2,0												
				20 mg/L	326	4,4												
				32 mg/L	521	6,9												
	GAK		X	50.000 BV	67	6,9												
				20.000 BV	135	8,2												
				8.000 BV	306	11,5												
GAK (2.Schicht)		X	50.000 BV	48	1,0													
			20.000 BV	116	2,3													
			8.000 BV	287	5,6													

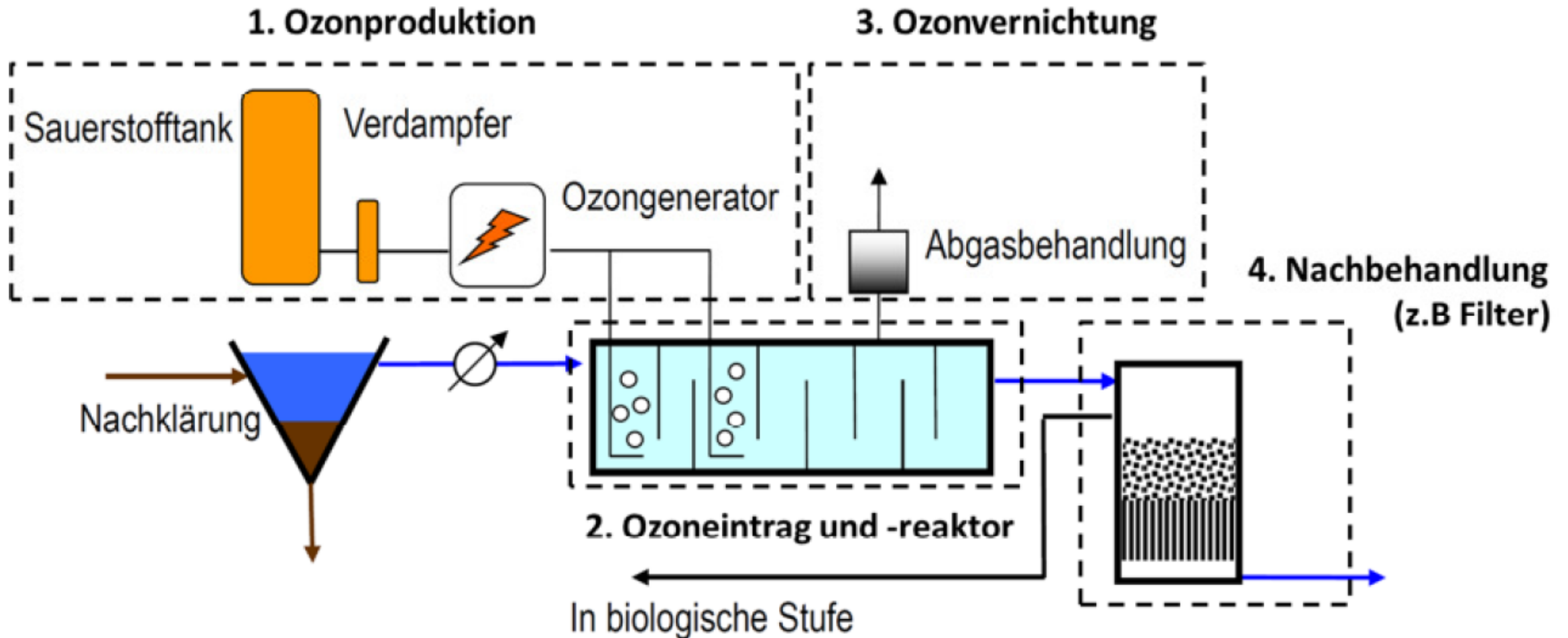


Legende
Entfernungsleistung:



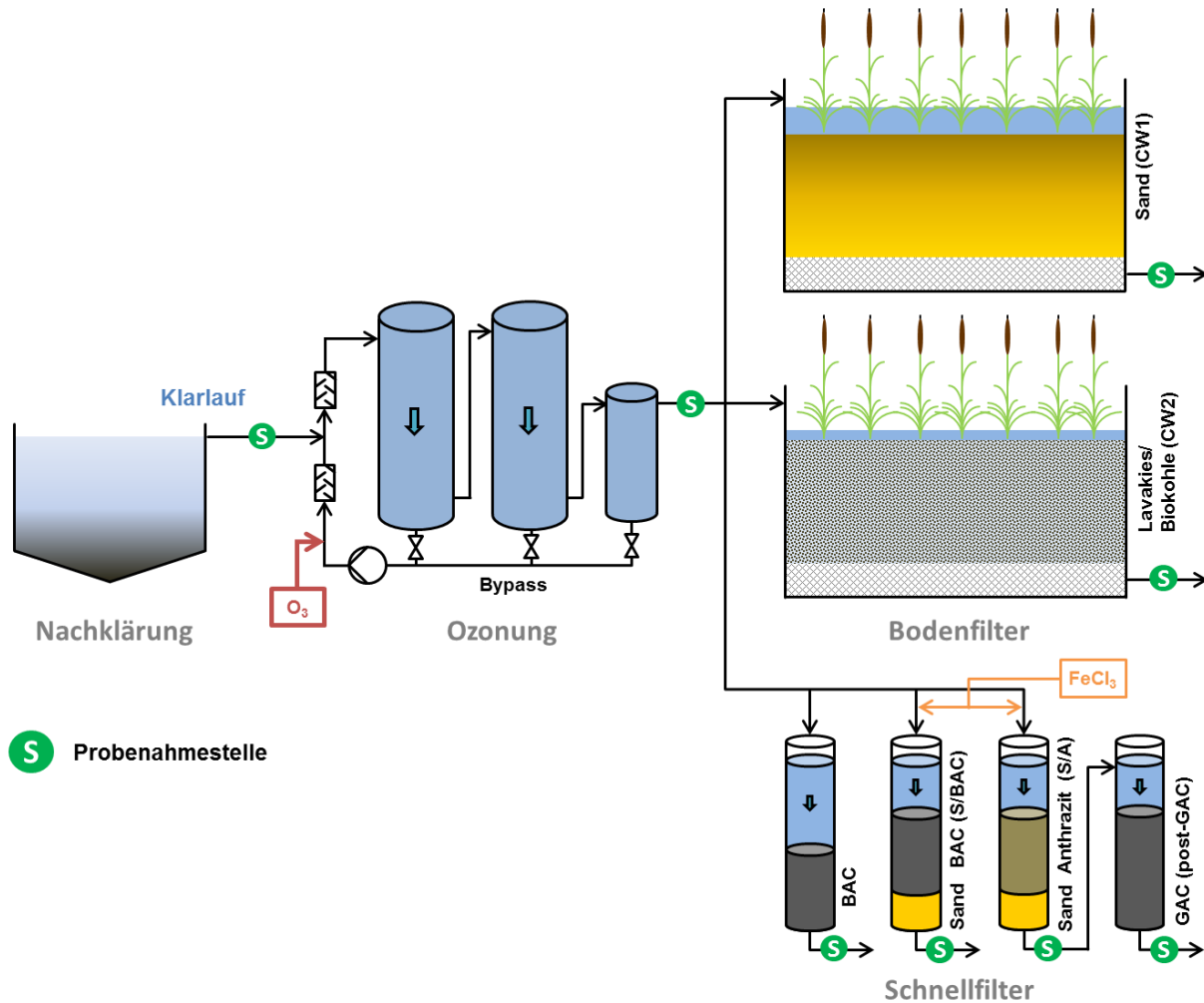
Optionen der Spurenstoffentfernung

Schematischer Aufbau einer Ozonung



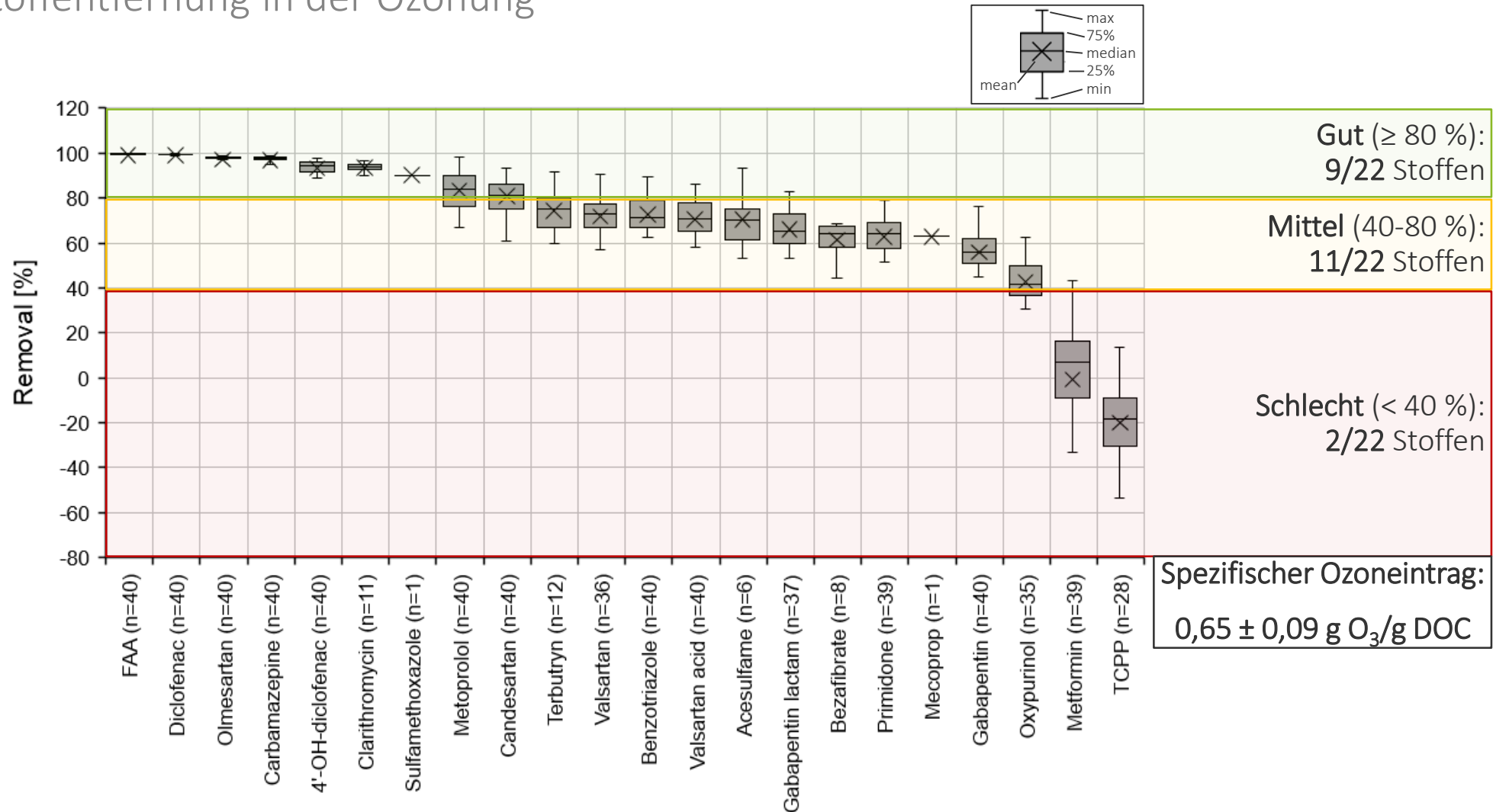
Projekt AquaNES

Pilotanlage auf dem KW Schönerlinde



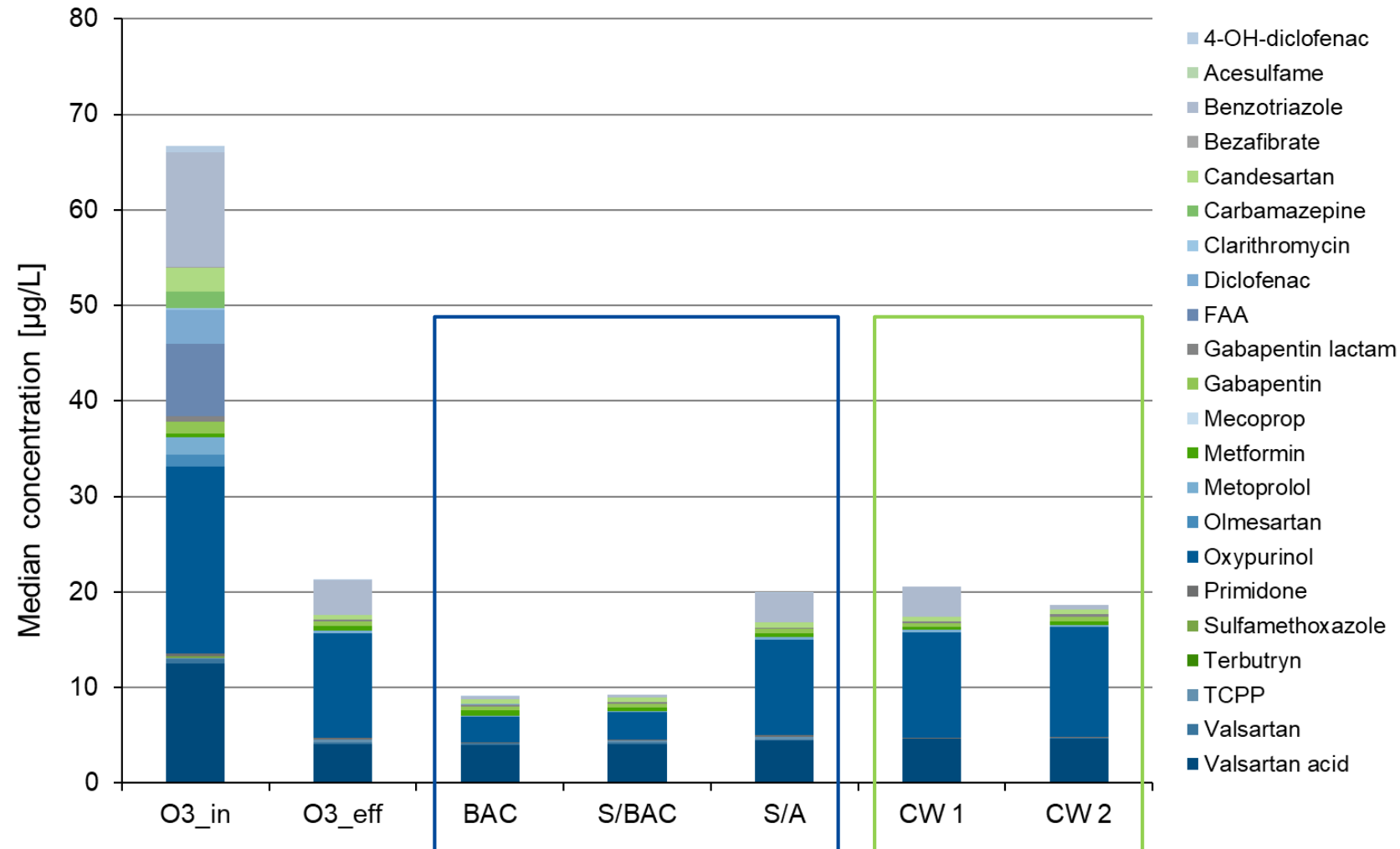
Ergebnisse AquaNES

Spurenstoffentfernung in der Ozonung



Ergebnisse AquaNES

Spurenstoffentfernung in der Nachbehandlung



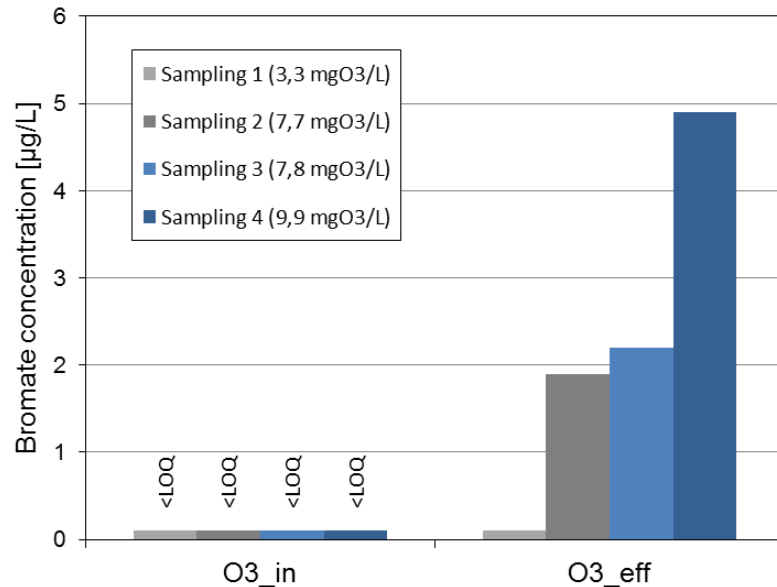
Nur Daten ab 2. Betriebsjahr berücksichtigt

Ergebnisse AquaNES

Transformationsprodukte

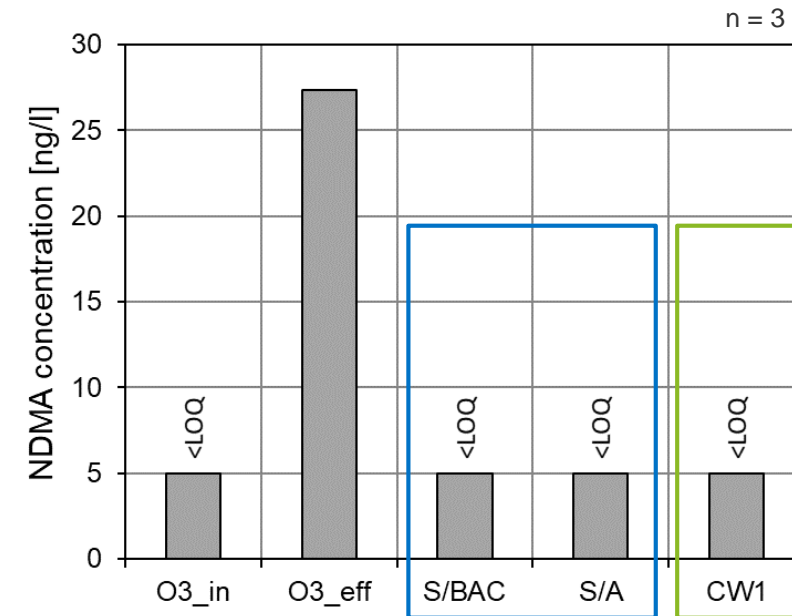


Bromat



- Bildung von maximal ca. 5 µg/L Bromat (Trinkwassergrenzwert: 10 µg/L) → **unkritisch**
- Keine Entfernung von Bromat in der Nachbehandlung

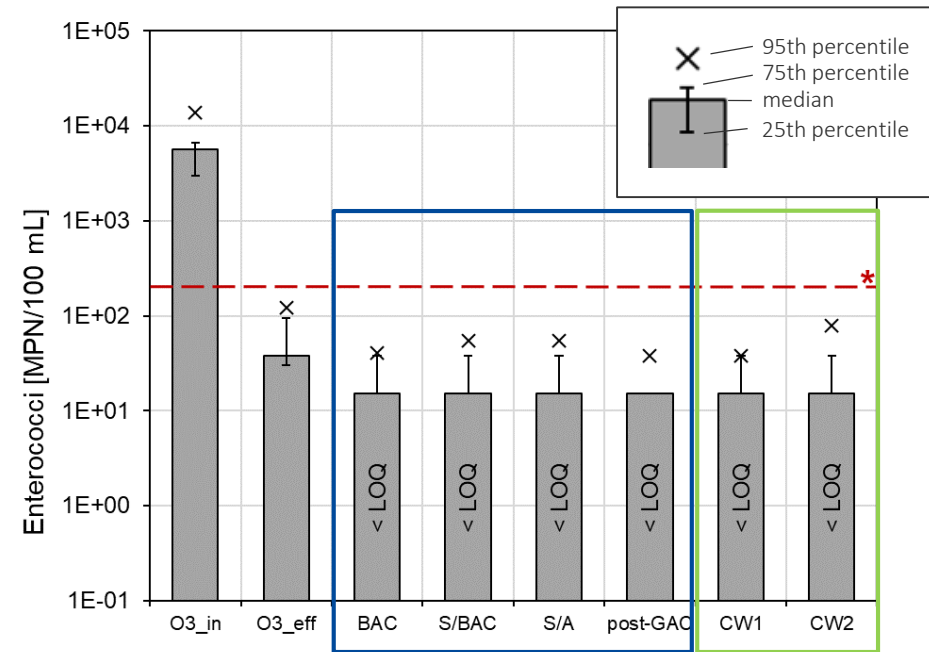
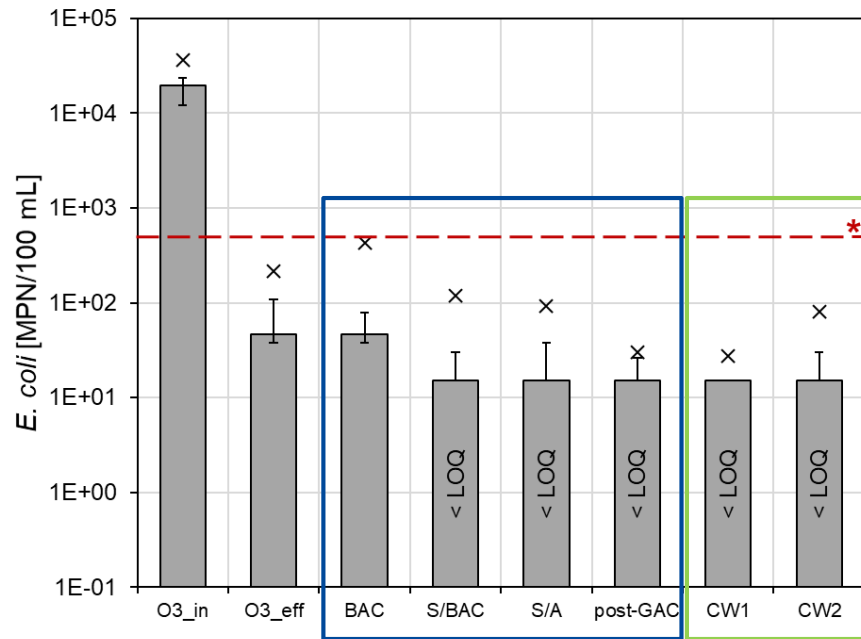
N-Nitrosodimethylamin (NDMA)



- Bildung von 20-30 ng/L NDMA bei der Ozonung
- Entfernung bis unter Bestimmungsgrenze in allen untersuchten Nachbehandlungen

Ergebnisse AquaNES

Desinfektion - *E. coli* und Enterokokken

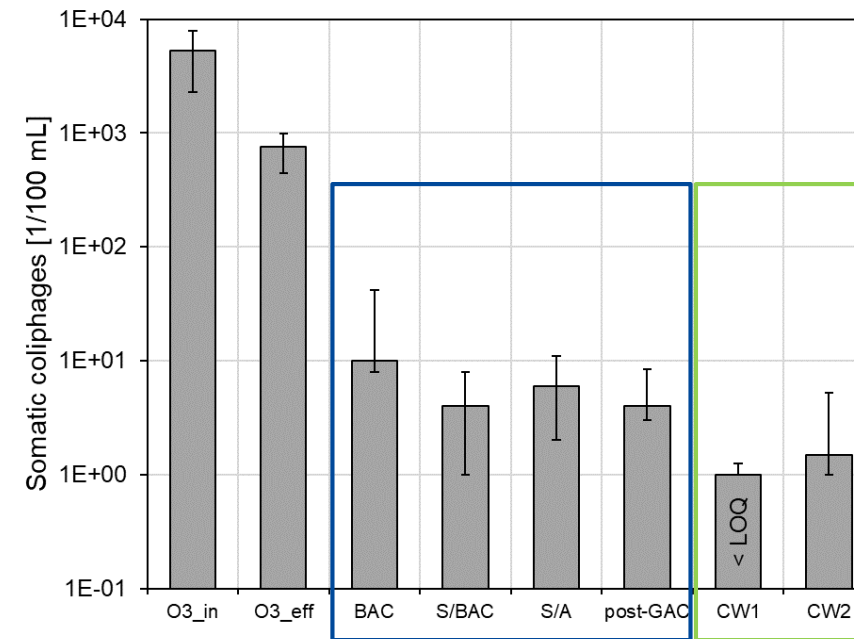
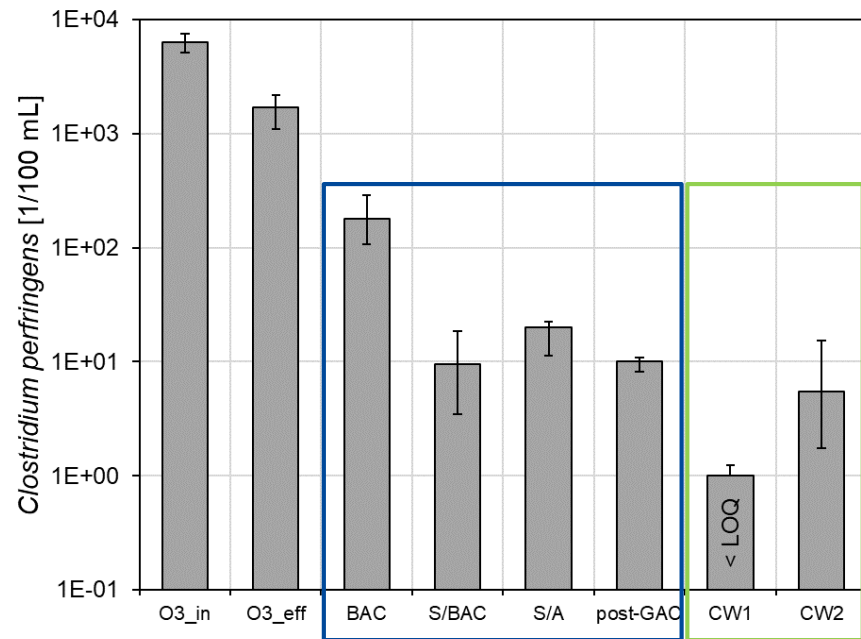


* ausgezeichnete Qualität nach EU-BGRL

- Effiziente Entfernung von *E. coli* und Enterokokken mit Ozon (~ 2 log-Stufen) + leichte Verbesserung durch Nachbehandlung (außer BAC für *E. coli*)
- Einhaltung der Kriterien für ausgezeichnete Qualität gemäß EU-Badegewässerrichtlinie

Ergebnisse AquaNES

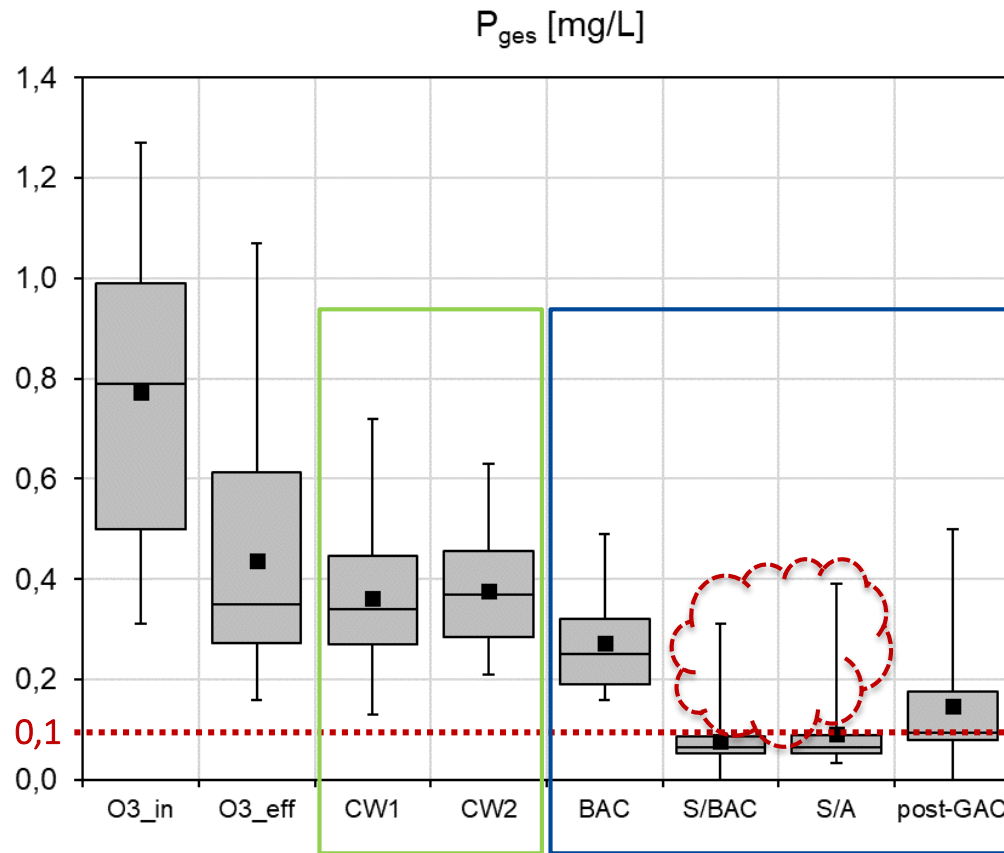
Desinfektion - *Clostridium perfringens* und Somatische Coliphagen



- Ineffiziente Entfernung des Sporenbildners *Clostridium perfringens* mit Ozon + starke Reduktion in der Nachbehandlung (~ 2 log-Stufen, außer BAC)
- Moderate Entfernung der Somatischen Coliphagen mit Ozon (~ 1 log-Stufe) + starke Reduktion in der Nachbehandlung (~ 2 log-Stufen, außer BAC)

Ergebnisse AquaNES

Phosphorentfernung



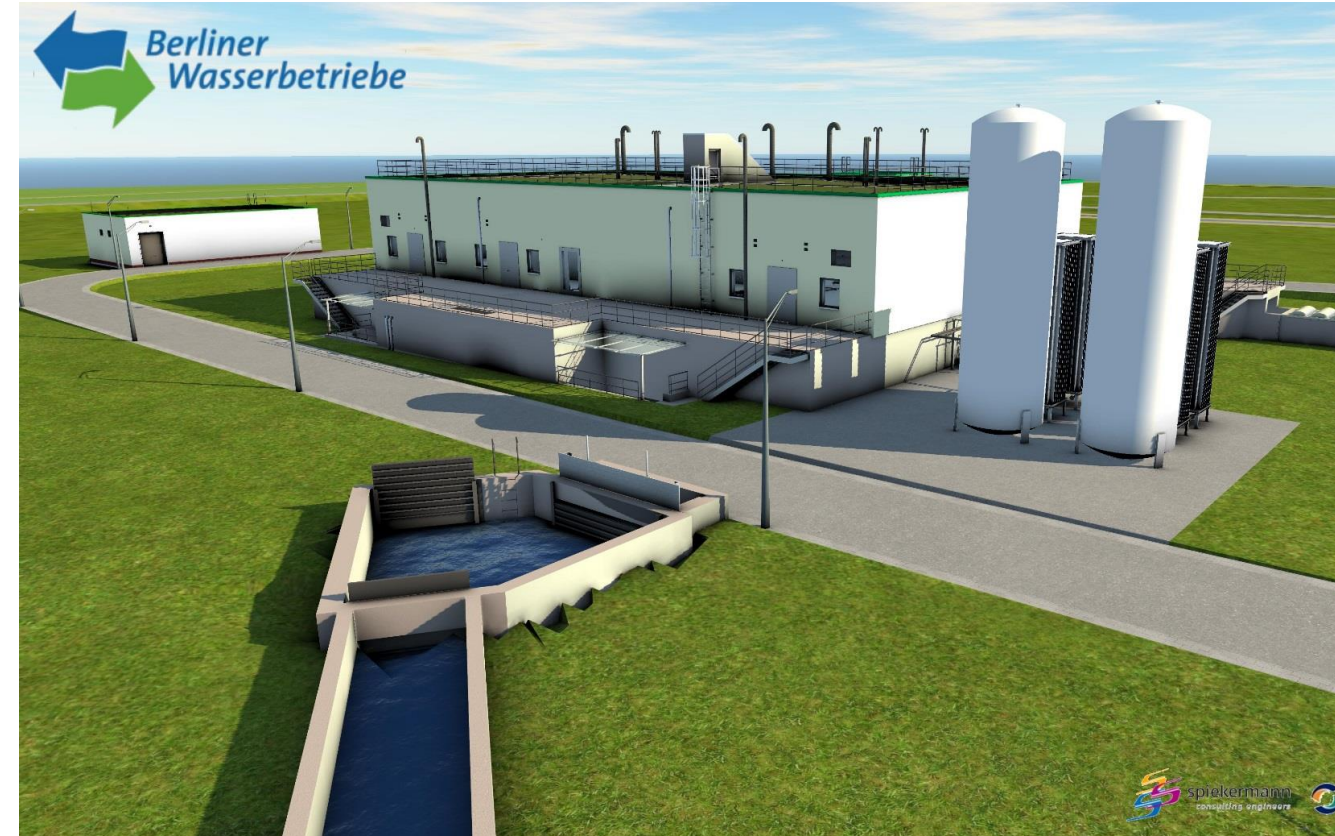
- Entfernung von P_{ges} auf unter 0,1 mg/L in Flockungsfiltern möglich
- Ausreißer: hohe P-Konzentrationen im Zulauf (FM-Dosierung: β -Wert = 4,4 bezogen auf mittlere P-Konzentration)

Großtechnische Ozonung auf dem KW Schönerlinde

Von der Forschung in die Praxis



- Absicherung der Investitionsentscheidung durch Ergebnisse aus FE-Projekten
- Bemessung der Großtechnik auf Basis des Pilotbetriebs:
 - Spez. Ozoneintrag: 0.7 mg O₃/mg DOC
 - Regelung des Ozoneintrags durch online-Messung des SAK₂₅₄
 - Kontaktzeit > 12 min
- Geplante Inbetriebnahme der großtechnischen Ozonung: 2022



Großtechnische Ozonung auf dem KW Schönerlinde

Maßgebliche Parameter



- Bemessungsparameter Ozonung
 - Spezifische Ozonzehrung: **0,7 mg O₃/mg DOC**
 - SAK₂₅₄-Reduktion: **≥ 45 %**
 - Ozonzehrung durch NO₂-N: **3,43 mg O₃/mg NO₂-N**
 - Hydraulische Aufenthaltszeit: **≥ 12 min**
- Stoffliche und hydraulische Bemessungsbelastung
 - DOC-Konzentration: **12 mg/L**
 - NO₂-N-Konzentration: **0,2 mg/L**
 - Verfahrenstechnische Bemessung der Ozonung auf Trockenwetterspitze: **2.122 L/s**
 - Hydraulische Bemessung auf Regenwetterspitze: **3.771 L/s**

Ozonbedarf
Max: 67,6 kg/h
Mittel: 40,0 kg/h

↑ 10 Gew. %

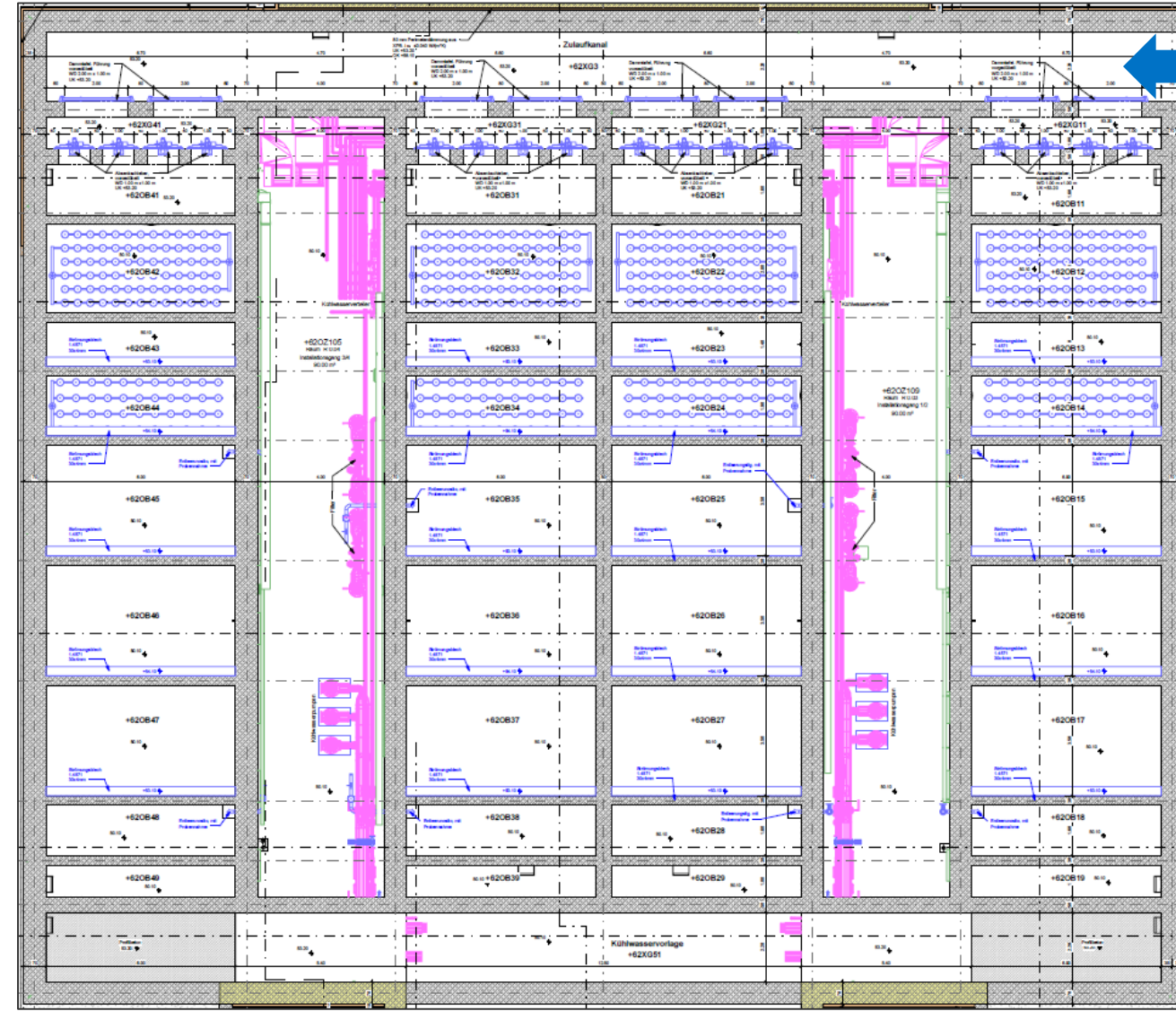
Sauerstoffbedarf
Max: 676 kg/h
Mittel: 400 kg/h

Großtechnische Ozonung auf dem KW Schönerlinde

Ozonreaktor und Gaseintrag

- 4 vertikal durchströmte Schlaufenreaktoren mit je 7 Kammern
- Abmessungen je Reaktor:
 - Länge x Breite x Höhe: 20 m x 6 m x 7,5 m
 - Freibord: 1,5 m
 - Wasservolumen: ca. 655 m³
- Gaseintragssystem
 - Eintrag in 1. und 3. Kammer im Gegenstrom
 - Eintrag über Keramikdiffusoren (78 Stck in Kammer 1; 44 Stck in Kammer 3)
 - Gaseintragstiefe: 5,5 m

Untergeschoss



Großtechnische Ozonung auf dem KW Schönerlinde

Sauerstoffbereitstellung



- Flüssigsauerstoff vs. Vor-Ort-Produktion
→ **Flüssigsauerstoff wirtschaftlicher**
- Sauerstoffvorrat: ≥ 5 d
- Berücksichtigung von Redundanzen
- 2 Druck-Tanks mit je 50 m^3
- 2 Verdampfer je Tank
- Druckregelstrecke zur Bereitstellung konstanten Vordrucks zur Ozonerzeugung



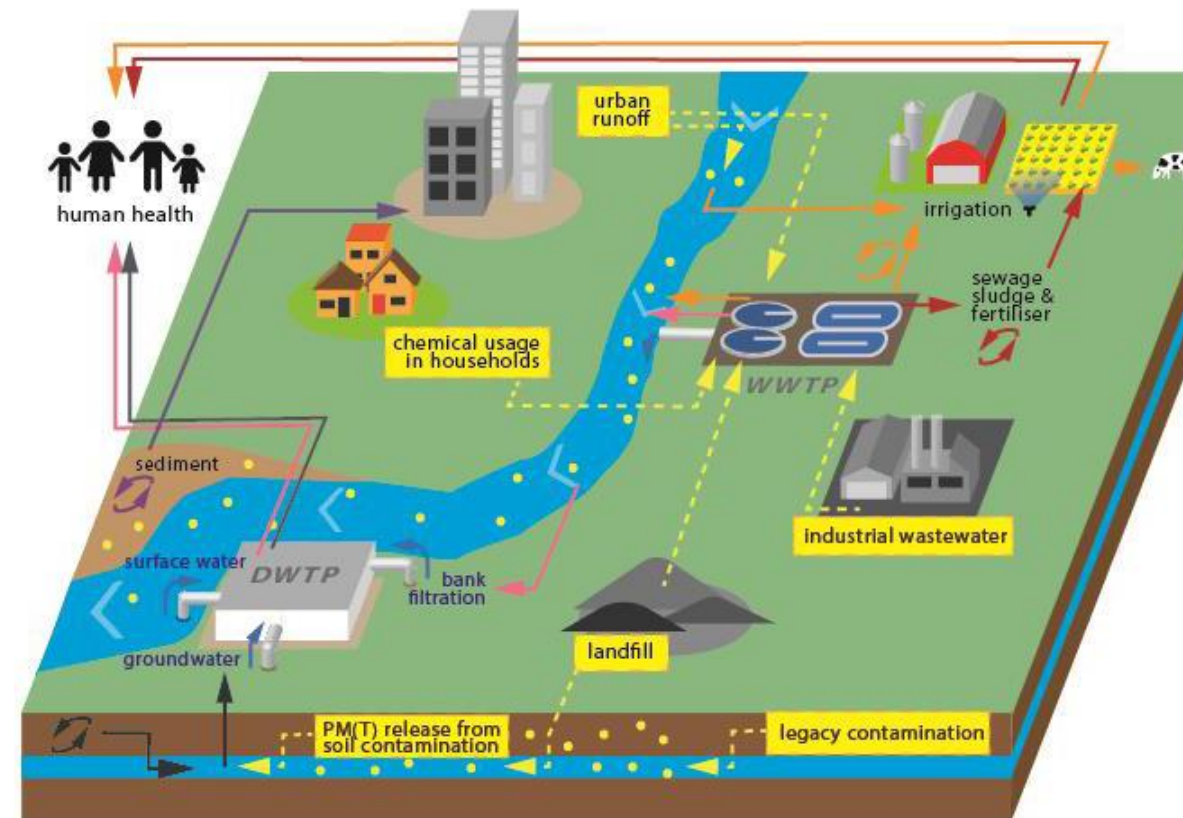
Aktuelles FE-Projekt PROMISCES

Hochpolare Spurenstoffe: PFAS Kontamination vom Flughafen, Löschwasser, Schlamm



PROMISCES: Preventing Recalcitrant Organic Mobile Industrial chemicals for Circular Economy in the Soil-sediment-water system

- **Inhalt:** PFAS und neue hochpolare Spurenstoffe (Industrie)
- **Koordination:** BRGM (franz. geologischer Dienst)
- **Partner:** u.a. BWB, KWB, UBA, BfG
- **Budget:** 12 Mio. Euro
- **Start:** 11/2021 (42 Monate)



Aktuelles FE-Projekt PROMISCES

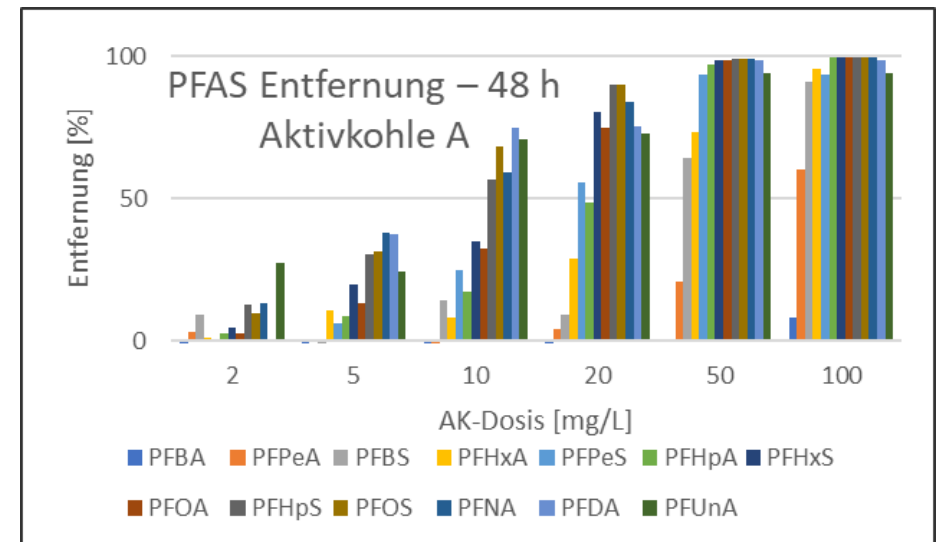
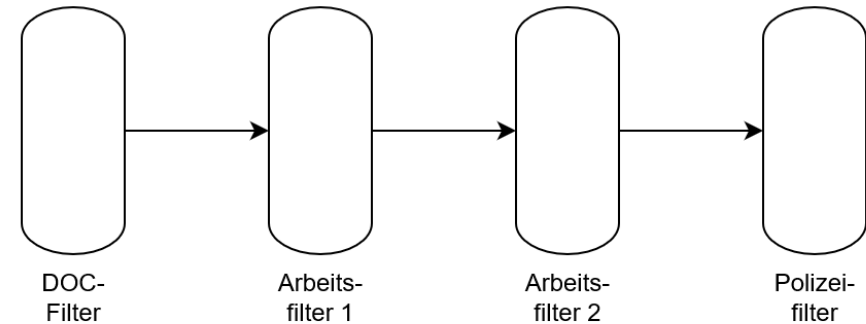
PROMISCES: Inhalte und Arbeitspakete



Fallstudie Berlin: Vorkommen, Verhalten und Aufbereitung von perfluorierten und hochpolaren Spurenstoffen im Wasserkreislauf

Aufgaben Berliner Wasserbetriebe:

- Methodenentwicklung Suspected-Target Screening und Non-target Screening
- Monitoring Berliner Wasserkreislauf & weitergehende Abwasserreinigung
- Industrieeinleiterkontrolle (Passivsammler, gezielte Probenahmen)
- Aufbereitungsverfahren (Labor- und Pilotversuche)
 - GAC-Produkte testen, um Laufzeiten der Adsorber (lt. Lieferant bis zu 4x/ Jahr!) zu optimieren
 - Test von Ionenaustauschern



Fazit



Von der Forschung in die Praxis

- **Spurenstoffe**
 - Spurenstoffentfernung in der Ozonung liegt bei ca. 80 %
 - Mehrere Spurenstoffe werden in den BAC-Filtern im Vergleich zu Sand/Anthrazit Filter und den Bodenfilter auf deutlich niedrigeres Niveau entfernt
- **Oxidationsnebenprodukte**
 - Keine Bildung kritischer Bromat-Konzentrationen bei vorliegenden Bromidkonzentrationen
 - Abbaubare Oxidationsnebenprodukte (NDMA, Aldehyde, etc.) wurden in Flockungsfiltration bis unter die Zulaufkonzentration der Ozonung entfernt
 - Verringerung der Toxizität durch die Ozonung (für keinen der 10 Tests gab es einen Anstieg)
 - **Eignung aller untersuchter Filter als biologische Nachbehandlung der Ozonung**
- **Desinfektion KW Schönerlinde**
 - Einhaltung der Kriterien für ausgezeichnete Qualität gemäß EU-Badegewässerrichtlinie
 - Effektive Entfernung (> 2 log-Stufen) von *Clostridien* und Coliphagen durch kombinierte Desinfektionsmechanismen
- **Fördermittel**
 - wichtiges Instrument zur Technologieentwicklung

Ohne uns läuft nix.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Regina Gnirss

Leiterin Forschung & Entwicklung

regina.gnirss@bwb.de

Danke an unsere Fördermittelgeber:

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung
Investition in Ihre Zukunft



...eine Chance durch Europa!



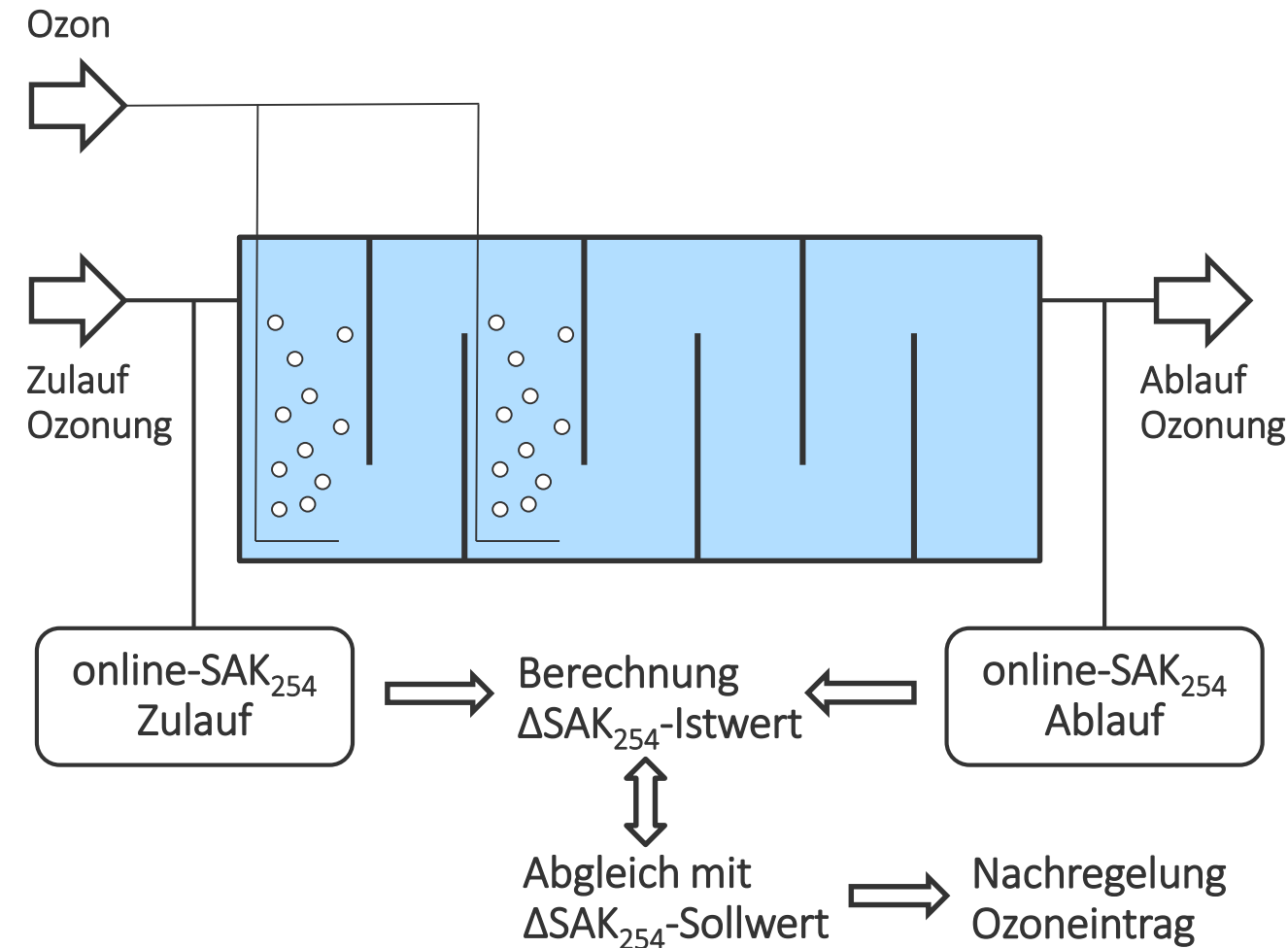
The AquaNES project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no. 689450

Backup



Regelung des Ozoneintrags

ΔSAK_{254} -Regelung



- Regelung des Ozoneintrags auf Basis der aktuellen SAK_{254} -Entfernung (ΔSAK_{254})
- Gute Korrelation von ΔSAK_{254} und Spurenstoffentfernung
- Konstante Reinigungsleistung bei variabler Wasserqualität
- Automatische Kompensation von Nitritspitzen
- 3-fach Messung in Zu- und Ablauf zur Erfassung von Sondendriffs