

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FlexTreat



Flexible und Zuverlässige Konzepte für eine nachhaltige
Wasserwiederverwendung in der Landwirtschaft

Statusseminar WavE II // 08.02.2023 DECHEMA Frankfurt



KWB



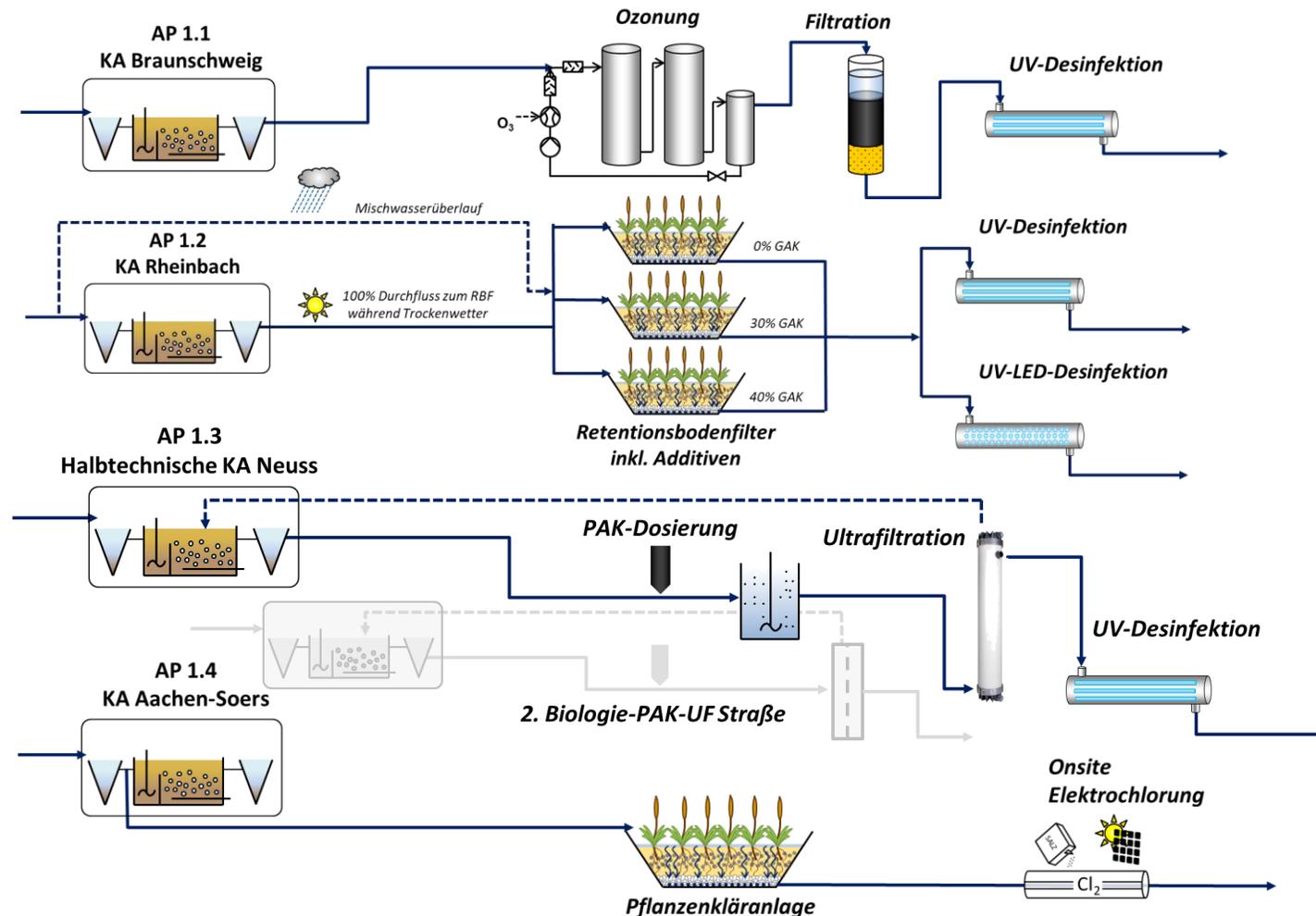
- Projekt-Ziele

- **AP1:** Entwicklung und Demonstration flexibler Aufbereitungssysteme
- **AP2:** Innovative Prozessüberwachung (Digital Green Tech)
- **AP3:** Integrierter Bewertungsansatz
Wasserqualität, Gesundheitsrisiken, Resilienz der Systeme, ökonomische & ökologische Dimension
- **AP4:** Pro-aktive Förderung des Verwertungspotentials

- Kontext-Ziele

- „**Leitfaden Risikomanagement**“ in Hinblick auf die europäischen Mindestanforderungen
- Leitfaden „**Technologien für eine sichere Wasserwiederverwendung**“

Erweiterung der *Best Available Technologies* (BAT) für die landwirtschaftliche Wiederverwendung



TECH1 Ozon + Biofiltration + UV

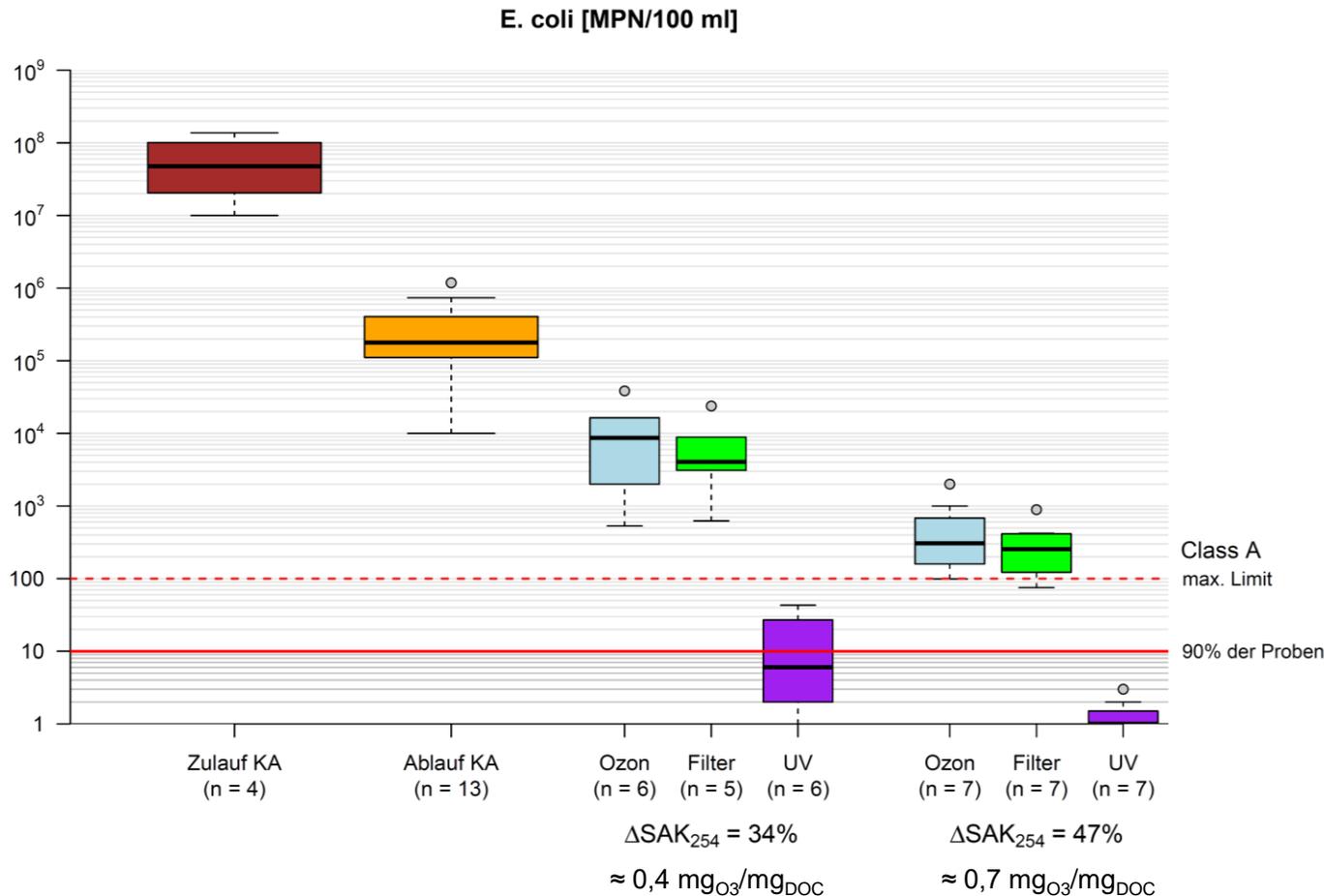
TECH2 RBF+ + UV

TECH3 UV-LED

TECH4 inline-PAK + UF + PAK Rückführung

TECH5 „Low-Tech“ Water Reuse mit eChlorung

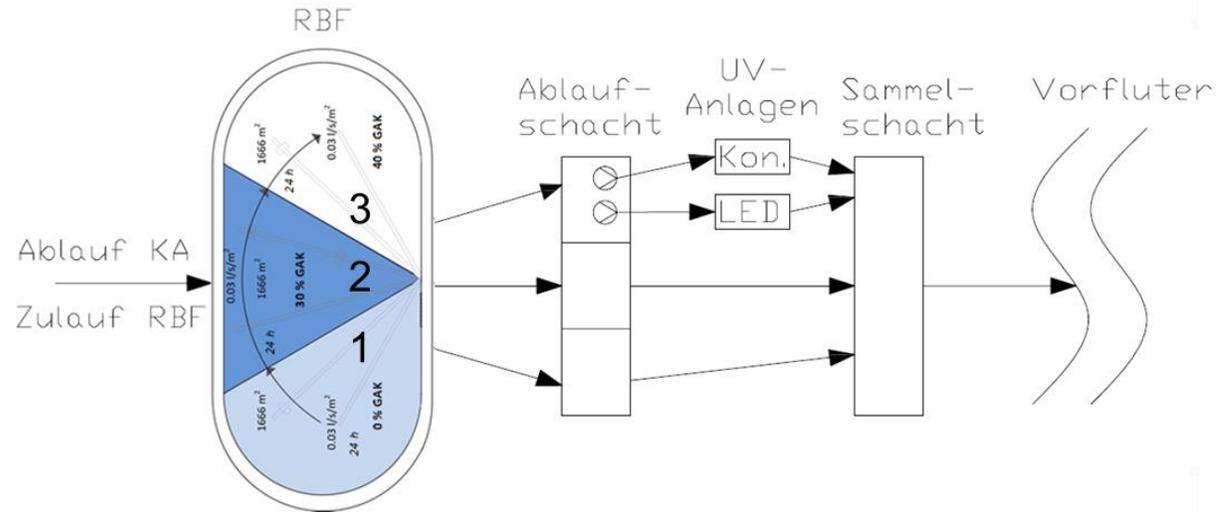
Beispiel für Mikrobiologische Untersuchungen:



FlexTreat Projekttag Braunschweig, Okt 2022

Einhaltung der EU-Wasserqualitätsklassen (Vorläufiger Stand, FlexTreat 2022):

Klasse	E. Coll (KBE/100 ml)	$\Delta\text{SAK}_{254} = 34\%$			$\Delta\text{SAK}_{254} = 47\%$		
		O3	O3 + Filter	O3 + Filter + UV	O3	O3 + Filter	O3 + Filter + UV
A	≤ 10	Nein	Nein	(Nein)	Nein	Nein	Ja
B	≤ 100	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja



Konventionelle UV-Anlage (Quecksilber)

Ziele des APs

- Optimierung eines großtechnischen RBF+ (= RBF mit GAK Beimischung) hinsichtlich Entfernung von Spurenstoffen und mikrobiologischen Indikatoren
- Adaption eines UV-LED-Reaktor
- Entwicklung eines Regelkonzepts für verschiedene Lastfälle.

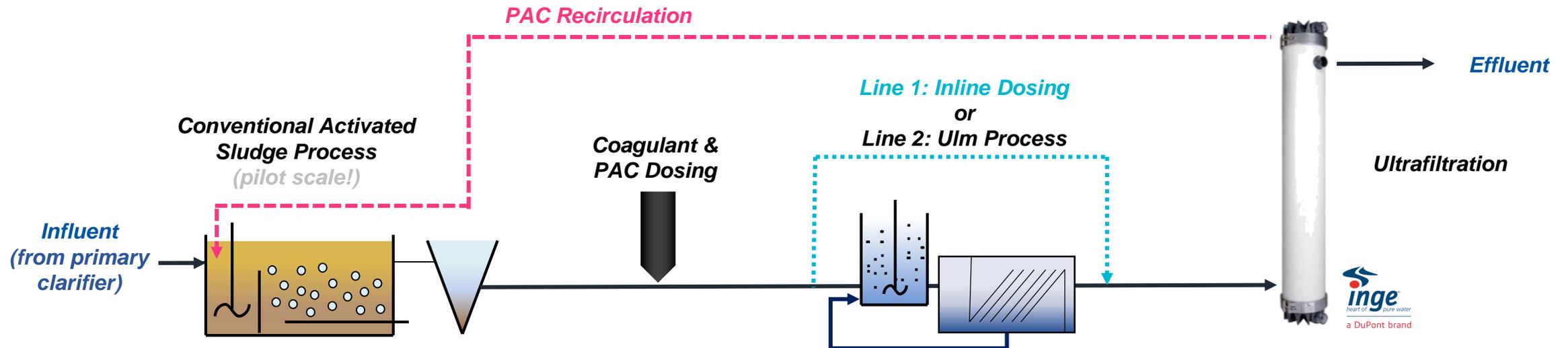


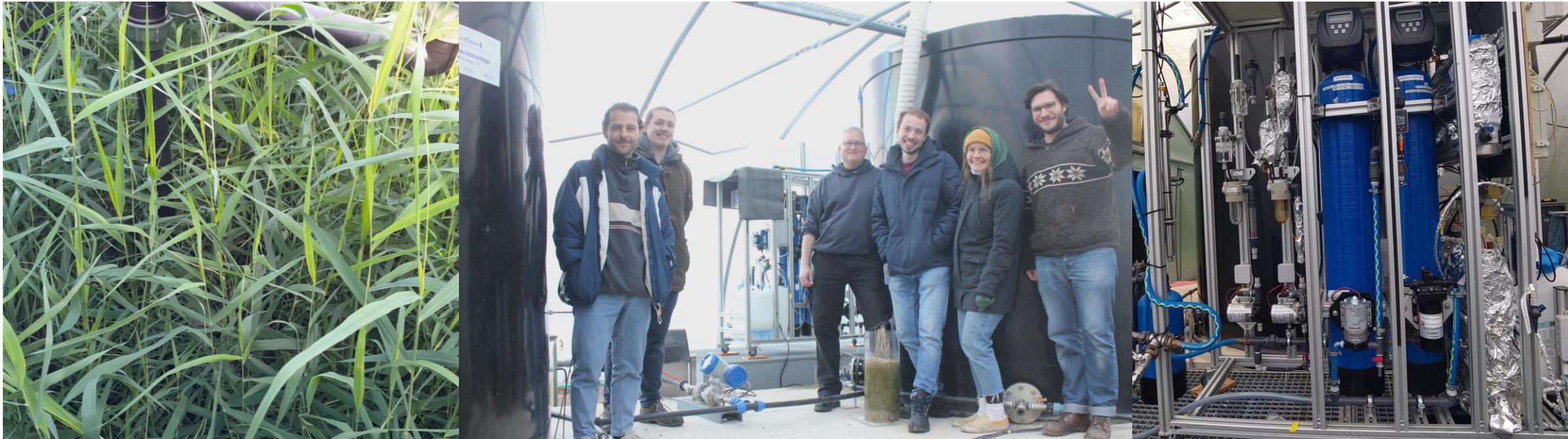
LED UV-Anlage

- Vergleich von Ulmer Verfahren und Inline-Dosierung
- nachgeschaltete Ultrafiltration
- Optionale PAK Rezirkulation in halbtechnischen Belebtschlammprozess



FlexTreat 2022

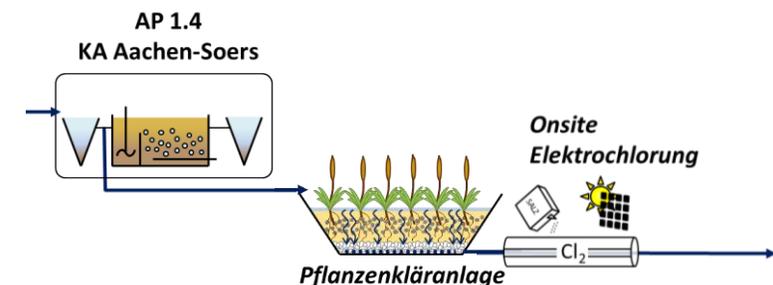




FlexTreat 2022

- „Low-Tech“ Variante für dezentralen mediterranen Raum
- Hohe Abbauraten durch Pflanzenkläranlage allein
- Vollständige Desinfektion mit $< 5 \text{ mg/L}$ Chlor möglich*
- 80% Spurenstoffelimination kann erreicht werden*

* statistische Absicherung noch ausstehend!

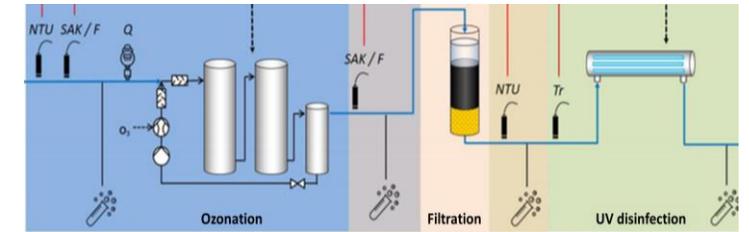


Ziel des APs:

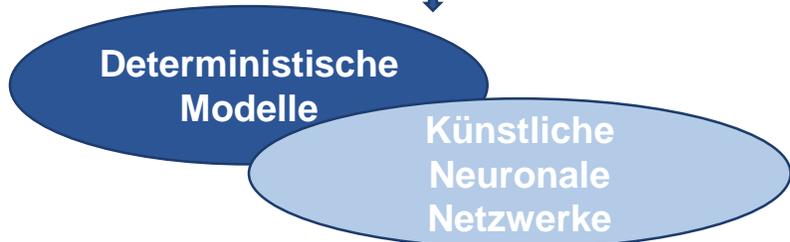
Anwendung von Digitalen Technologien für die Optimierung von Aufbereitungsverfahren und die Bereitstellung eines bedarfs- und qualitätsgerechten Wassers

- Notwendige Hardware und Software wurde installiert
 - PLC zur Aufnahme aller Prozessdaten der realen Anlage
 - Anbindung an ein WebScada (virtuelle Abbildung)
 - Implementierung eines **KI** Moduls
- Eingangsdaten für die Digitalen Prozesse werden erfasst
 - wesentliche Betriebsdaten der eingesetzten Techniken
 - **on-line gemessene Wasserparameter**
 - berechnete Größen auf Basis der Prozessparameter
- Entwicklung einer **mobilen Nutzer-App** für Betriebsdaten, Prozessüberwachung & Service
- **Surrogat-Parameter** zur dynamischen Qualitätskontrolle/Prozessüberwachung entsprechend des Multibarrieren-Konzeptes

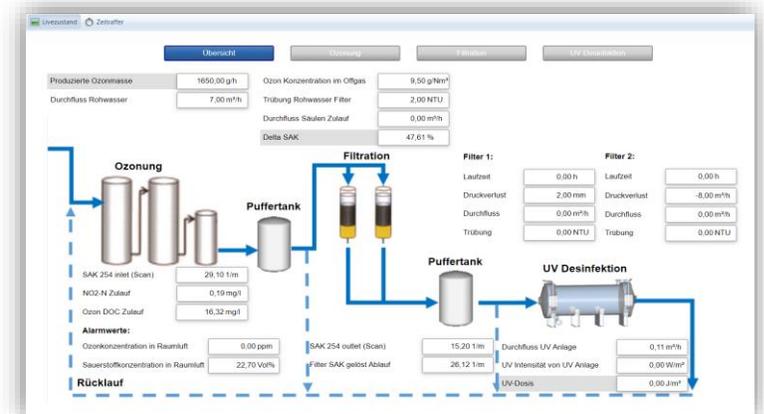
Aufbereitungsprozess (AP1.1)
Ozonung -> Filtration -> UV-Desinfektion

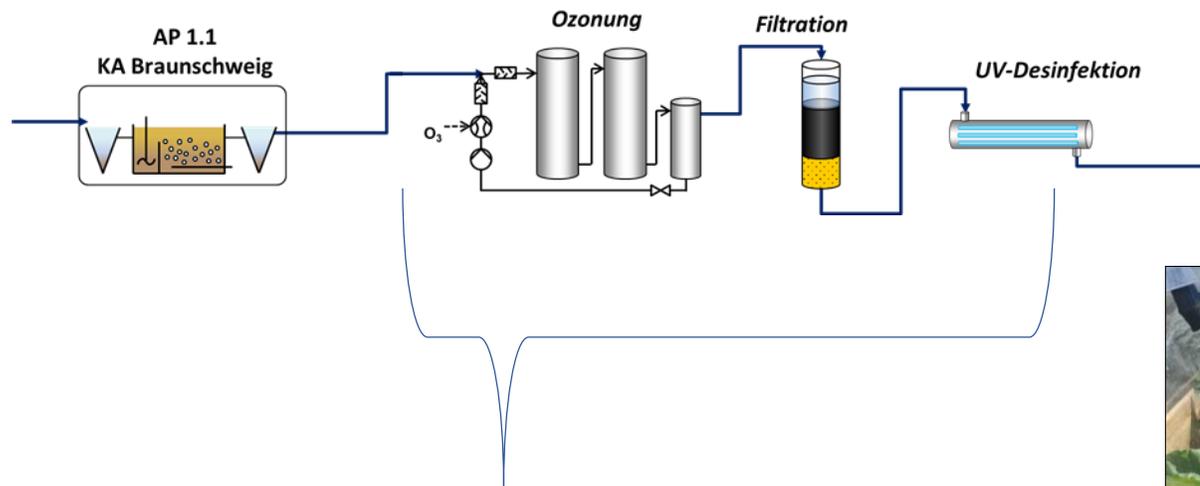


Reale Anlage



Virtuelle Anlage (**Digitaler Zwilling**)



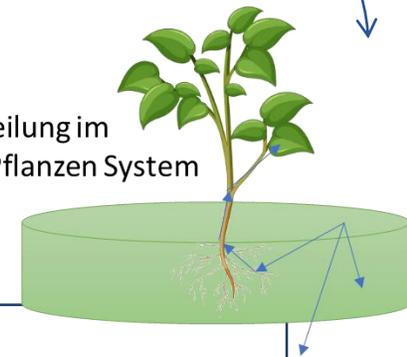


Hochbeete

Bepflanzt mit Energie- und Verzehrpflanzen



Spurenstoffverteilung im
Wasser-Boden-Pflanzen System

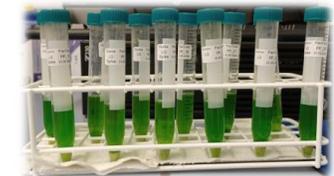


Non-Target-Screening

- ⇒ Analyse mittels LC-ToF-MS
- ⇒ Kategorisierung detektierter Verbindungen nach ihrem Verhalten in der Ozonung¹
- ⇒ Erfassung von Transformationsprodukten (TPs)
- ⇒ Überprüfung des Transfers persistenter oder neu gebildeter Substanzen in Grundwasser und Pflanzen

Target-Screening

- ⇒ Extraktion von Spurenstoffen mittels Ultraschall oder Mikrowelle
- ⇒ Analyse mittels LC-MS/MS²
- ⇒ Ermittlung der Aufnahme in die Pflanze und Verteilung auf die Bestandteile (Wurzel, Blatt, Frucht)

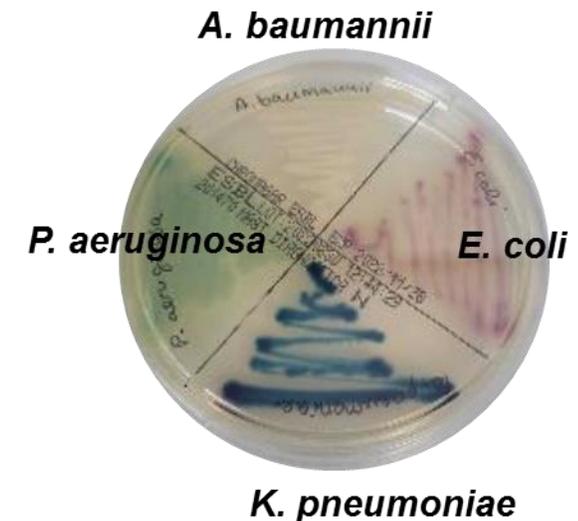


¹Bader, T. et al. (2017) *Anal Chem* 89 (24), 13219-13226

²Hermes, N. et al. (2017) *J Chroma A* 1531, 64-73

Kategorie	Parameter
(Indikator)Bakterien (Kulturverfahren)	<i>Clostridium</i> spp. <i>Clostridium perfringens</i> <i>E. coli</i> Enterokokken
Antibiotika-resistente Bakterien (Kulturverfahren)	<i>A. baumannii</i> 3GCR <i>Acinetobacter</i> spp. 3GCR ESBL produzierende KEC (<i>Klebsiella</i> spp, <i>Enterobacter</i> spp. u. <i>Citrobacter</i> spp.) ESBL produzierende <i>E. coli</i> <i>P. aeruginosa</i> 3GCR <i>Pseudomonas</i> spp. 3GCR
Antibiotikaresistenz Gene (qPCR)	blaNDM1 (beta-Lactame) blaTEM (beta-Lactame) ermB (Macrolide) mcr-1 (Colistine) (16S rRNA)
Viren (Kulturverfahren)	Somatische Coliphagen F-spezifische Coliphagen (sporadisch)

- Analytik jeweils entlang gesamter Aufbereitungskette
- Zusätzlich seit 2023 (an allen Anlagen an Endpoint PNS):
 - Salmonellen (Hälfte aller Proben)



- Referenzklärwerk als gemeinsame Ausgangsbasis
- Aufbereitung, Speicherung & Verteilung
- Bewertung:
 - Nutzen: Wasserqualität
 - Aufwand: Kosten + CO₂e
 - Resilienz

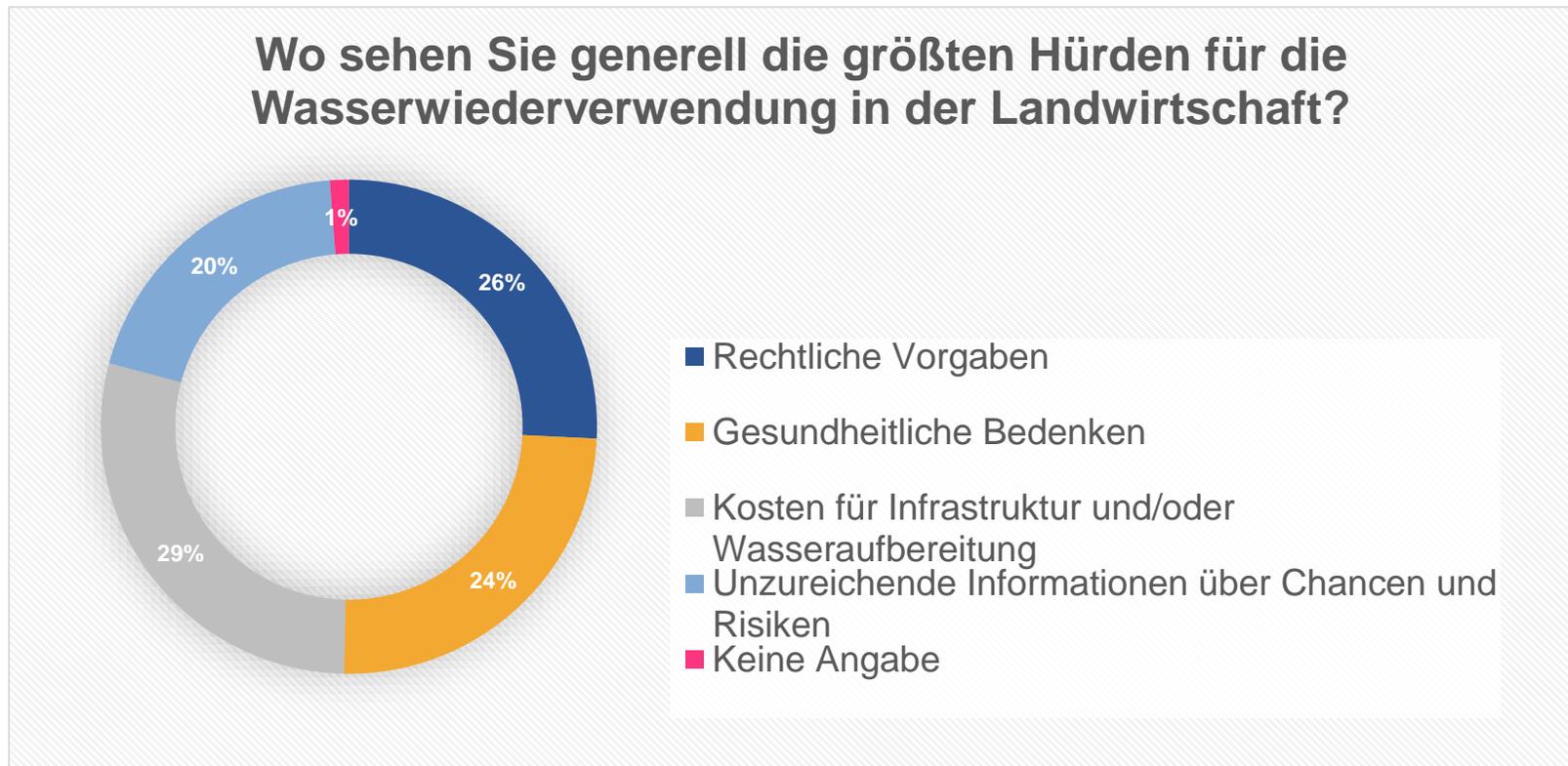
Vorentwurf Bewertungsmatrix, FlexTreat 2023

Hauptziel	Zulaufqualität						KPIs		Summenindikatoren	
		O3 filter	UV	PAK	UF	RBF+	Kosten	CO2	WWV (Klasse A)	Spurenstoff-entfernung
Desinf (Class A)	je niedrig / hoch	x	x						x	-
	...				x				x	-
	...		x			x			x	?
Spurenstoffe	...	x	x						-	x
	...			x	x				x	x
	...					x			?	x
Spurenstoffe + Desinf	...	x	x	x					x	x
	...			x	x				x	x
	...		x			x			x	x

- Nächste Schritte:
 - Identifikation sinnvoller Vergleichsfälle:
 - Versch. Größenklassen KA?
 - Vollstrom, Teilstrom?
 - Saisonale Unterschiede?

Umfrage Online und auf LW Messen:

- 119 Teilnehmer (Stand 09/2022)
- Vornehmlich: Landwirte, Flächeneigentümer und Anwohner



Quintessenz:

- Aufklärung/Sensibilisierung notwendig
- Praxistaugliche rechtliche Vorgaben
- Gerechte Kostenverteilung

iwe Hochschule Hof im Rahmen von FlexTreat, 2022

Stakeholderdialog von:

1. Politik/Rechtliche und öffentliche Seite
2. Landwirtschaft
3. (Ab-) Wasserverbänden

- unterschiedliche Perspektiven
→ sehr schwierig, alle zu berücksichtigen
- Kostenfaktor ist wichtiger Punkt
- Gesetzliche Regelung von Politik erwartet

→ Austausch ist enorm wichtig!



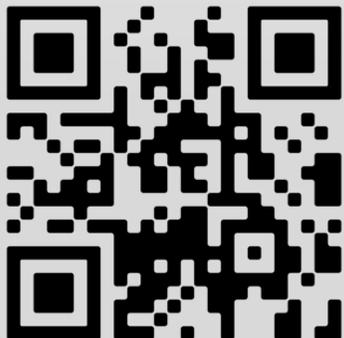
FlexTreat 2022

Fallstudie	Standort	Details
Berücksichtigung der Limitierung des Stromangebotes und Nährstoffbedarfs bei der WWV	Hurghada, Ägypten 	<ul style="list-style-type: none"> Nährstoffmanagement in Abhängigkeit zum Stromangebot Simulationsberechnungen
Chlorverteilung im TSE-Netz bis zum Endnutzer	Abu Saiba, Bahrain 	<ul style="list-style-type: none"> Datengrundlage von lokalen Behörden Hydraulische Modellierung (trace modelling) Chlorbedarf vs. Depot
Anwendungsstudie im Großraum Murcia	Murcia, Spanien 	<ul style="list-style-type: none"> Vorzugsweise Kläranlagen mit Membranstufe, Filtration oder/und UV Desinfektion Übertragung der LRV Validierung
Pilotanlage zur Naturnahen Aufbereitung und Desinfektion	Talavera, Spanien 	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme Pilotanlage Anfang 2023



FlexTreat

Vielen Dank für die Förderung durch das BMBF,
dem PTKA und der DECHEMA für die Begleitung!



FlexTreat.de

Ansprechpartner:



Name: Prof. Dr. Thomas Wintgens

Mail: wintgens@isa.rwth-aachen.de

Tel.: +49 241 80 25207