

Synergieeffekte der Verfahren zur Mikroschadstoffelimination: Ergebnisse aus dem Betrieb der Demonstrationsanlage

Effets synergiques des procédés d'élimination des micropolluants : résultats de l'exploitation du démonstrateur

12.07.2023 | Saarbrücken

Abschlusskonferenz CoMinGreat

Anja Multhaupt (RPTU) | Fanny Gritten (Cebedeau)

Henning Knerr (RPTU) | Ulrich Dittmer (RPTU)



Gliederung

- Veranlassung
- Mechanismen
- Fließschema
- Messprogramm und Analytik
- Ergebnisse
 - Phosphor
 - Stickstoff
 - Keime



Veranlassung



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 26.10.2022
COM(2022) 541 final
2022/0345 (COD)

Vorschlag für eine

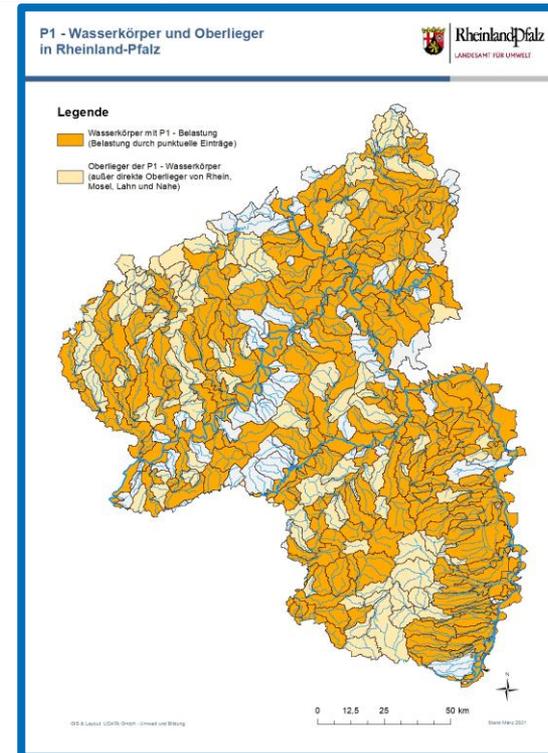
RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Neufassung)

(Text von Bedeutung für den EWR)

{SEC(2022) 541 final} - {SWD(2022) 541 final} - {SWD(2022) 544 final}

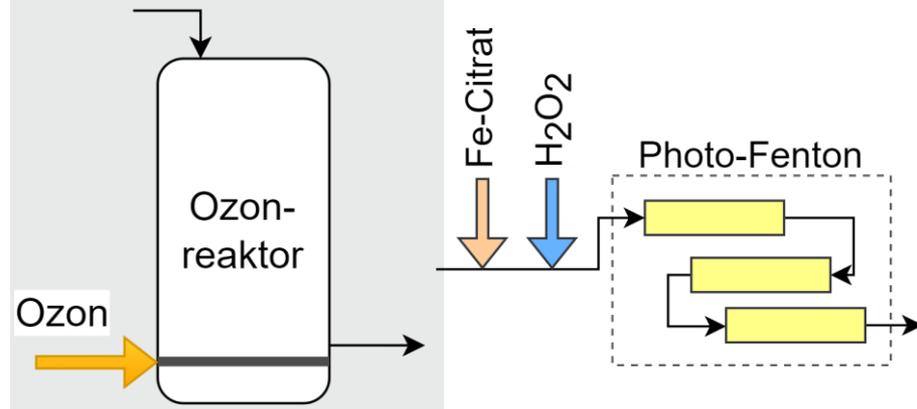
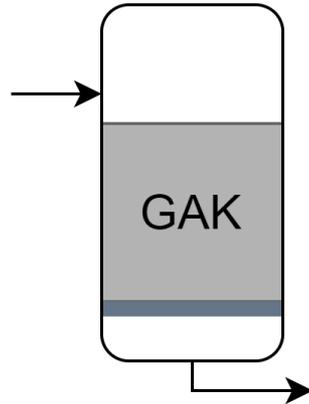
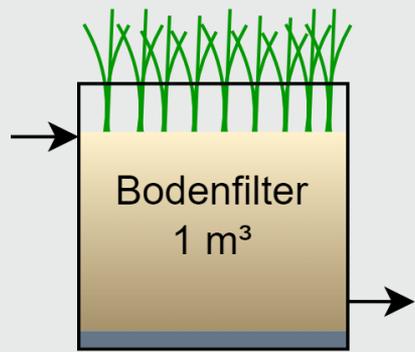
Quelle: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_14223_2022_INIT&qid=1683794922623
aufgerufen 04.07.2023



Filtration erforderlich



Mechanismen Elimination von Mikroverunreinigungen → Auswirkungen auf Standardabwasserparameter



Mechanische Filterwirkung

Einbau in
Pflanzen-
biomasse

Fällung

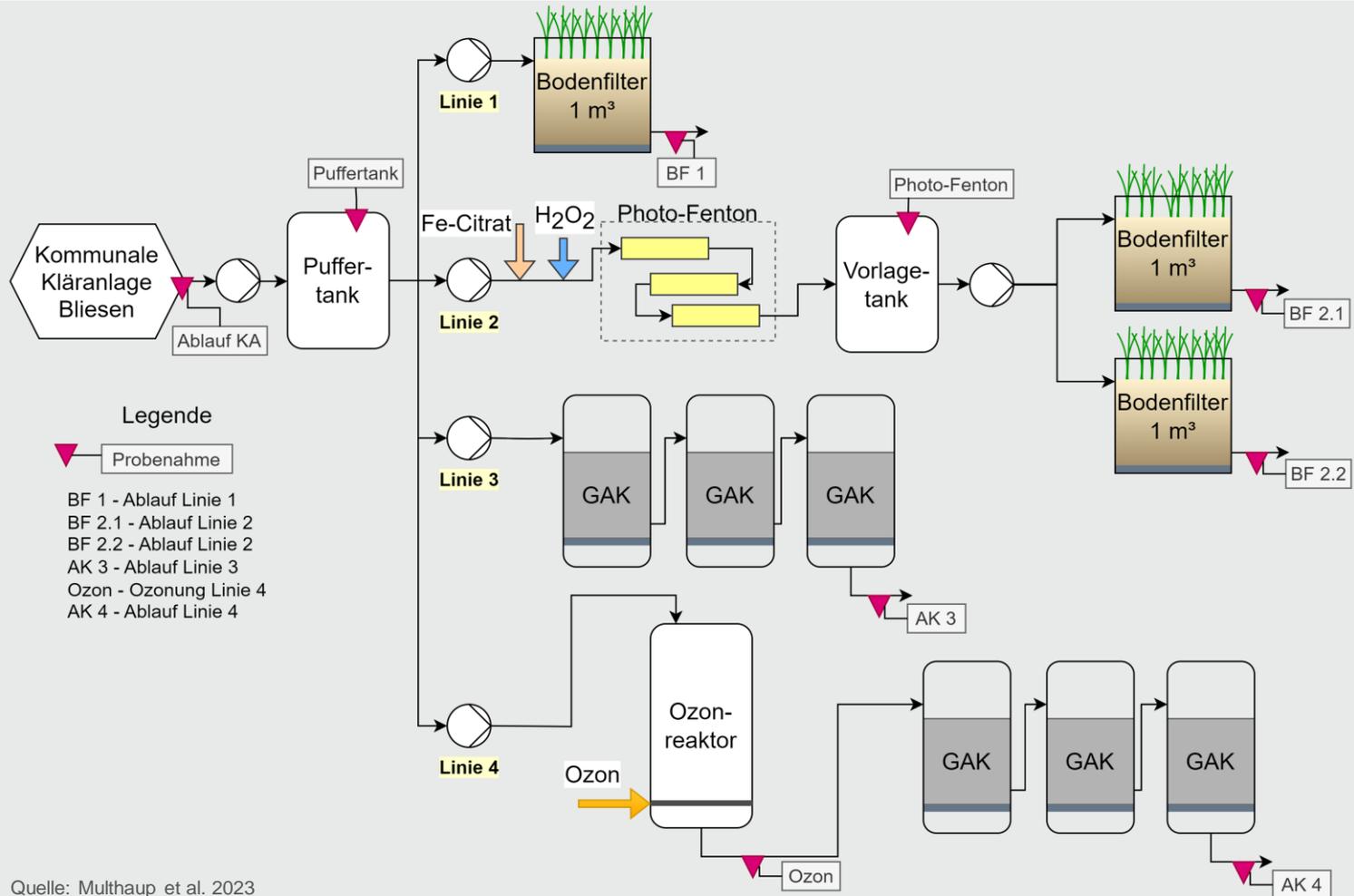
Adsorption

Biologischer Abbau

(Teil-) Oxidation



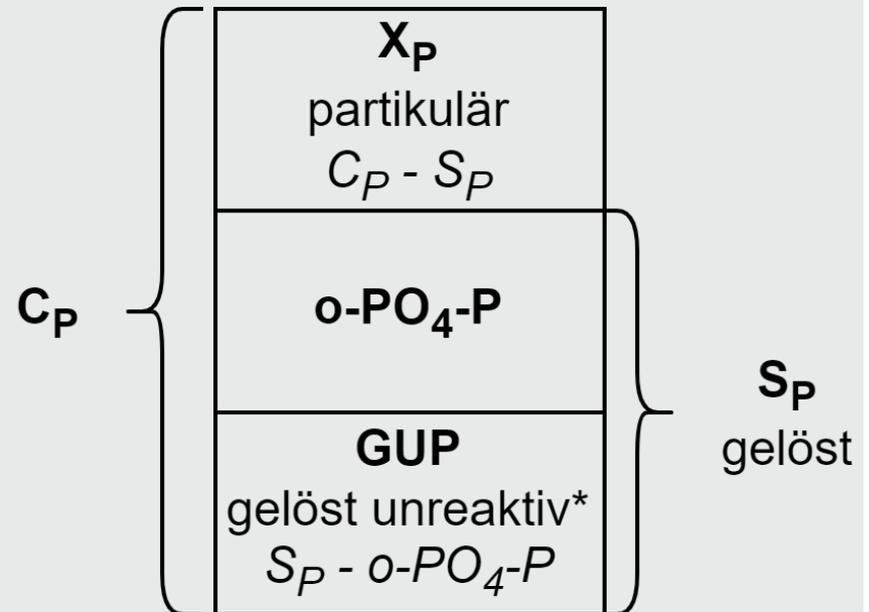
Fließschema mit Probenahmestellen



Messprogramm

- Zeitraum Dez. 2021 bis Okt. 2022
- 30 Messkampagnen
- insgesamt rund 200 Proben
- Probenahme: 24 h-, 72 h-Mischproben und (qualifizierte) Stichproben
- Parameter: CSB, TOC, DOC, AFS, N-Fraktionierung, P-Fraktionierung, SAK_{254} , ARG, ARB
- Auswertung der Ergebnisse: Berechnung Median unabhängig von Probenahme
- Elimination: innerhalb einer Messkampagne (Zu- und Ablauf entsprechende Linie); dann Auswertung

Phosphorfractionierung



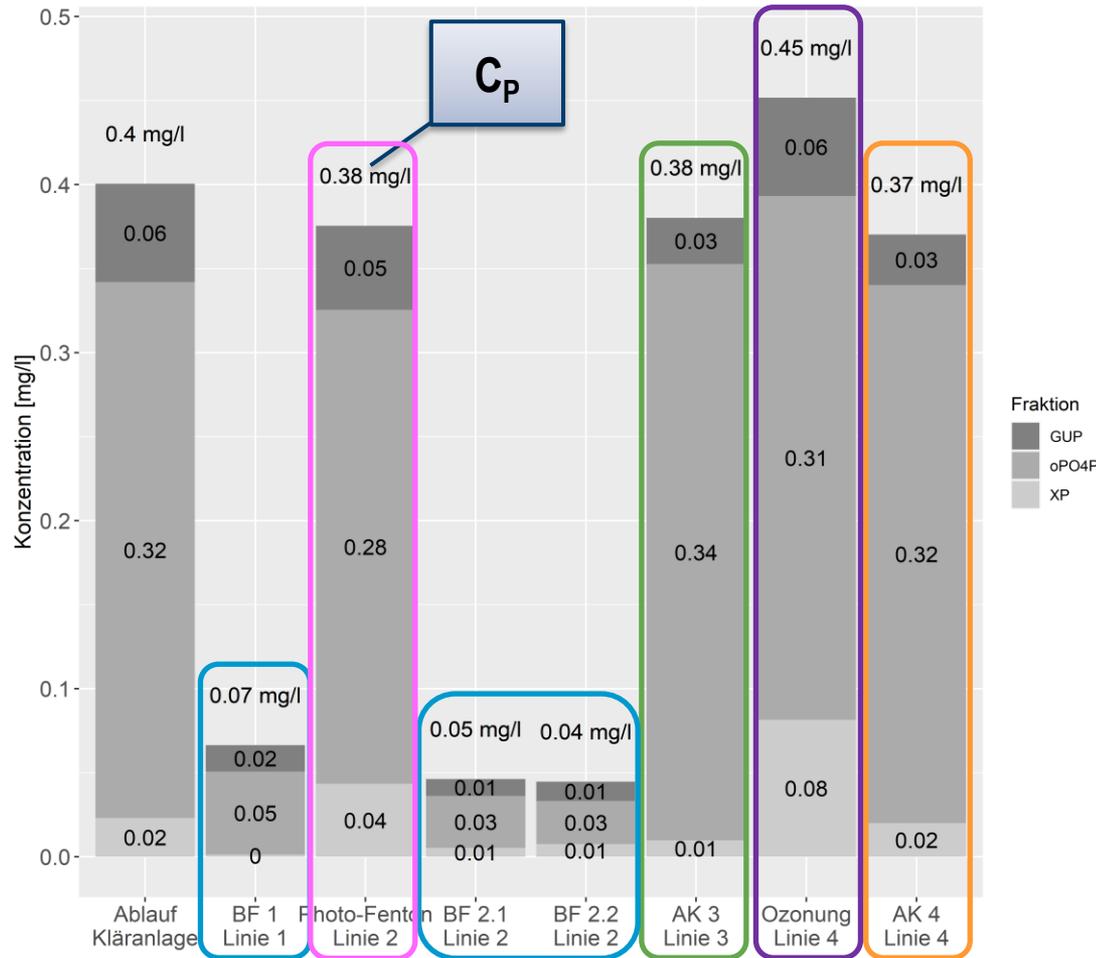
**unreaktiv auf das Nachweisverfahren von $o-PO_4-P$*

Küvettenests mit entsprechender
Probenvorbereitung

Quelle: Multhaup et al. 2023



Ergebnis Phosphorfraktionierung: Konzentrationen



Anzahl Messungen je Fraktion und Probenahmestelle: 15 bis 30

Bodenfilter:

- deutliche Reduktion aller Fraktionen

Photo-Fenton: Ausfällung FePO₄

GAK:

- o-PO₄-P minimal gestiegen
- Reduktion von GUP und X_p

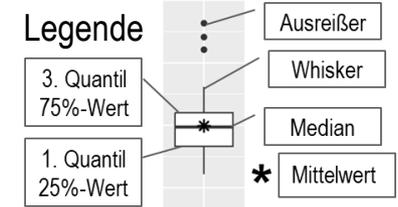
Ozonung: X_p erhöht

Ozonung und GAK:

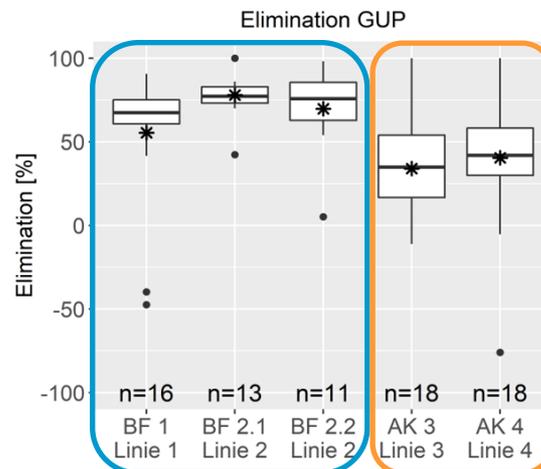
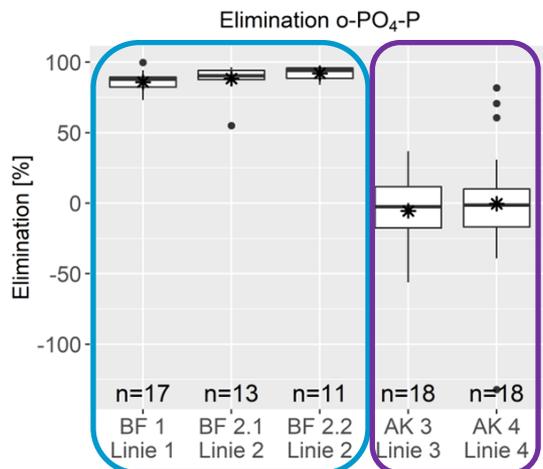
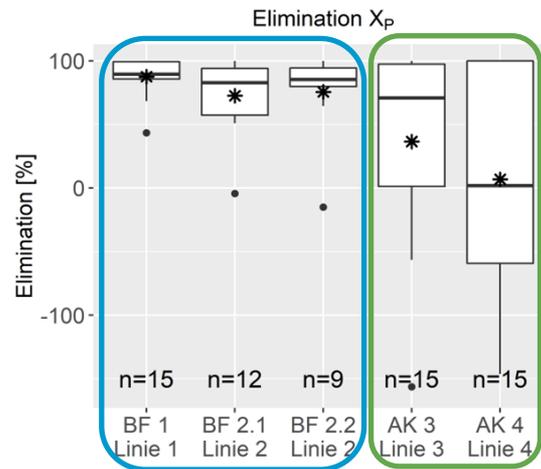
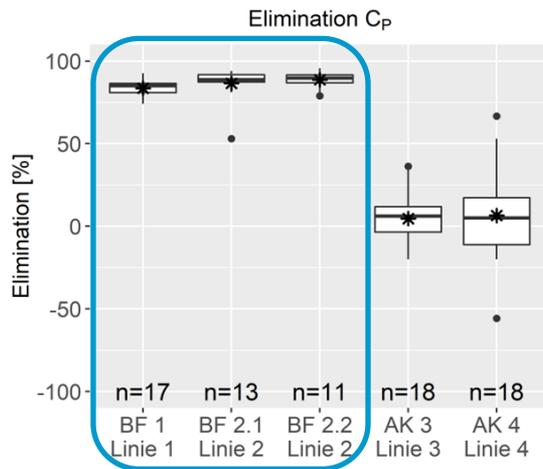
- o-PO₄-P unverändert
- X_p wieder reduziert
- Reduktion von GUP



Ergebnis Phosphorfraktionierung: Elimination



Unterer und oberer Whisker: größter und kleinster Wert innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands (IQR)



Bodenfilter: Filterwirkung, biologische Prozesse, Fällung, Adsorption → Mechanismen nicht eindeutig zuzuordnen

GAK-Filtration bzw. Ozonung mit GAK: Potential X_p -Rückhalt

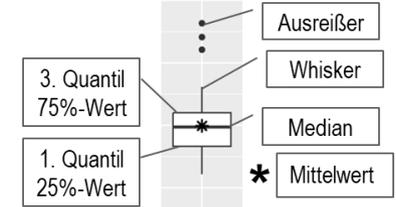
GAK-Filtration bzw. Ozonung mit GAK: kein Einfluss auf $o\text{-PO}_4\text{-P}$

GAK-Filtration bzw. Ozonung mit GAK: Elimination von GUP

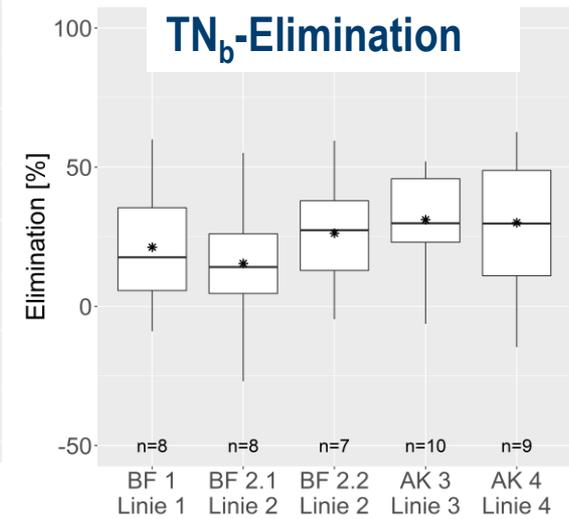
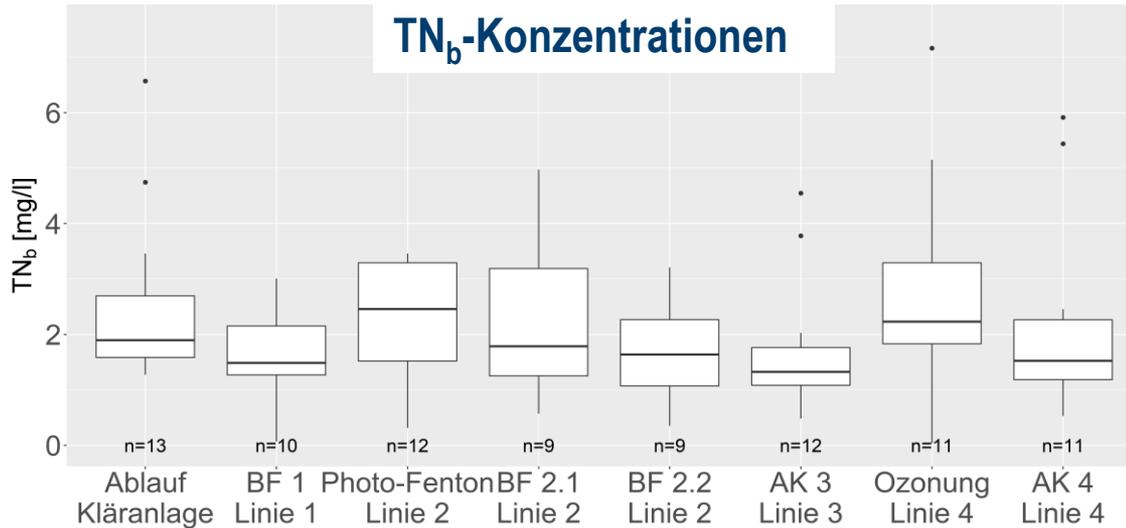
Quelle: Multhaup et al. 2023



Ergebnisse Stickstoff TN_b



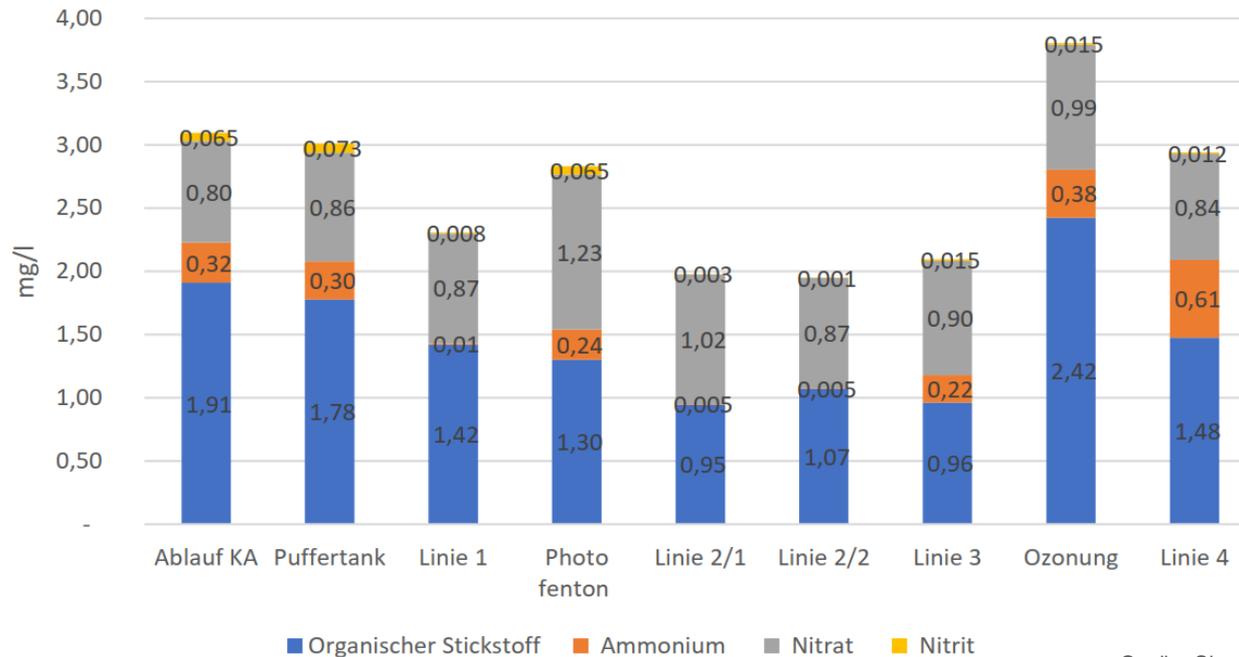
Unterer und oberer Whisker: größter und kleinster Wert innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands (IQR)



- Bodenfilter Reduktion erkennbar; Unterschied Beschickungsweise oder vorgeschaltete Photo-Fenton-Prozess nicht ersichtlic
- Reduktion durch GAK-Filtration und Ozonung mit GAK-Filtration ~30 %



N-Fractionen org. N, Ammonium, Nitrit und Nitrat



Anzahl Messungen je Fraktion und Probenahmestelle: 8

Quelle: Simon 2022

- Bodenfilter: Reduktion von Ammonium und Nitrit; Reduktion des org. Stickstoffs
- GAK-Filter: Reduktion org. Stickstoff; Anstieg Nitrat und Reduktion Ammonium und Nitrit
- Ozonung + GAK-Filtration: Anstieg org. N und Ammonium; anschließend wieder Reduktion



Fazit – Phosphor und Stickstoff

- Bodenfilter
 - große Synergieeffekte insbesondere bzgl. Phosphor und Stickstoff
 - Geringe Unterschiede zwischen Beschickungsweisen (täglich oder jeder zweite Tag) und vorgeschaltetem Photo-Fenton-Prozess
- GAK-Filtration und Ozonung mit GAK-Filtration
 - Potentiale für den Rückhalt des partikulären Phosphors ersichtlich
 - Potential abhängig von P-Fraktionierung im Ablauf der Kläranlage, hier geringe X_P -Konzentration im Ablauf der Nachklärung
- Weitere Untersuchungen zu den Synergieeffekten sinnvoll: Stabiler Betrieb, Zuordnung zwischen Fraktionen und Mechanismen, ...



Germes

Gènes de résistance aux antibiotiques

Sélection de **6 gènes de résistance aux antibiotiques**

Antibiotique	Classe d'antibiotique	Gène de résistance
Amoxicilline	Pénicilline → β -lactame	<i>blaAmpC</i>
Ciprofloxacin	Fluoroquinolone	<i>qnrA</i>
Azithromycine	Macrolide	<i>ermB</i>
Clarithromycine	Macrolide	
Déhydrato-érythromycine-A	Macrolide	
Érythromycine	Macrolide	
Sulfaméthoxazole	Sulfamide	<i>sul1, sul2</i>
Tétracycline	Cycline	<i>tetW</i>

Avec :

Int 1 („quantifie“ les capacités de transfert d'ARG entre espèces)

et

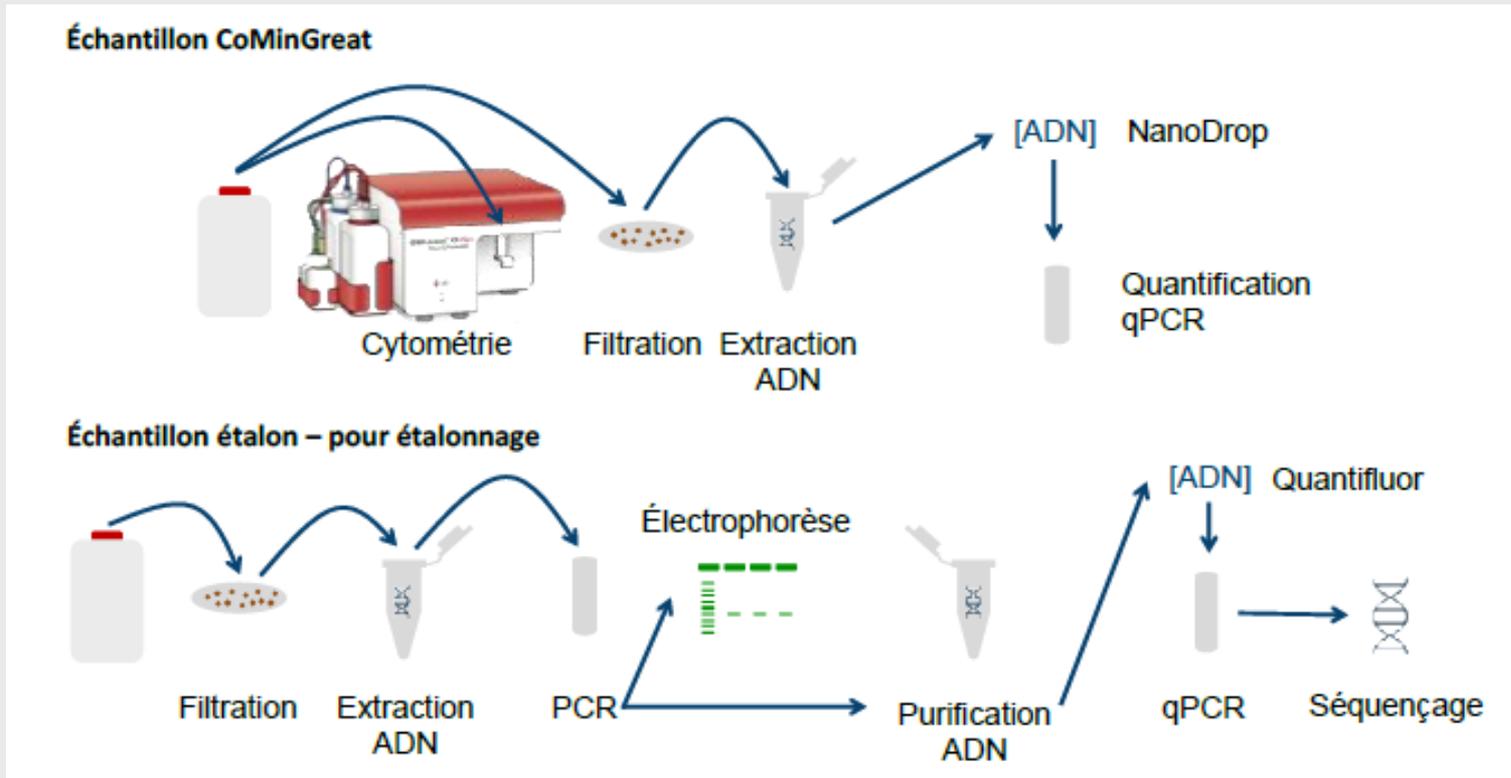
ARNr 16s (quantification de la totalité des bactéries dans l'échantillon)



Germes

Gènes de résistance aux antibiotiques

Mode opératoire brièvement expliqué



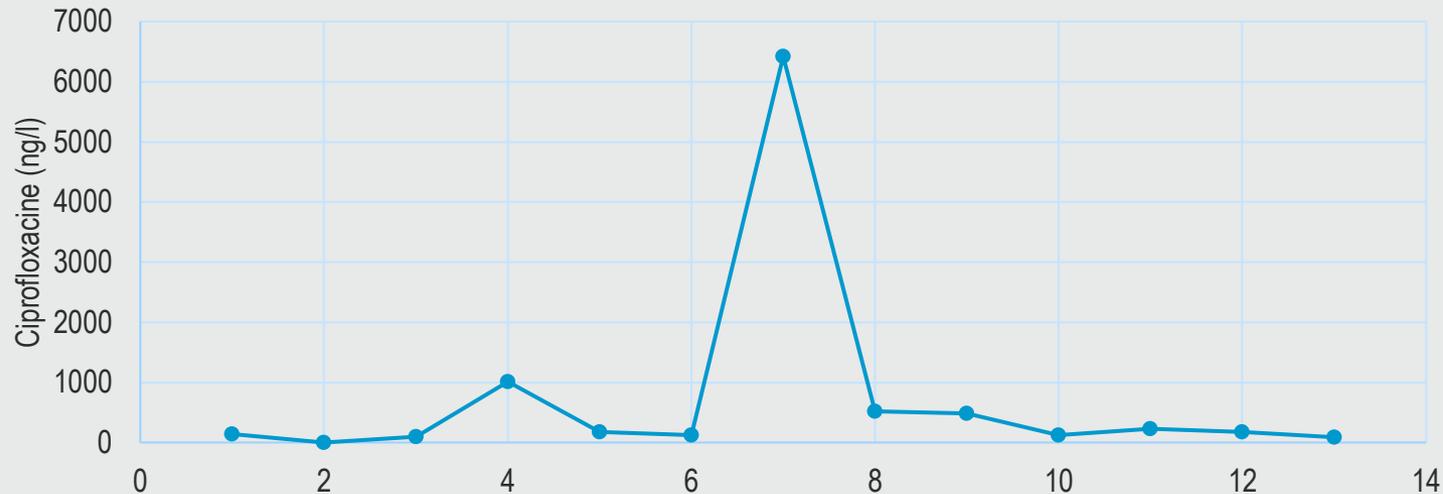
Lena Brouwir, Rapport écrit n°2 pour master en génie Analytique - HelHa



Germes

Gènes de résistance aux antibiotiques

- L'élimination principale est faite lors du traitement STEP
- Moins bonnes performances pour l'élimination des *qnrA*,



→ mais participation significative des post-traitements pour sa réduction
(meilleure performance mesurée après le post-traitement par filtre planté seul)

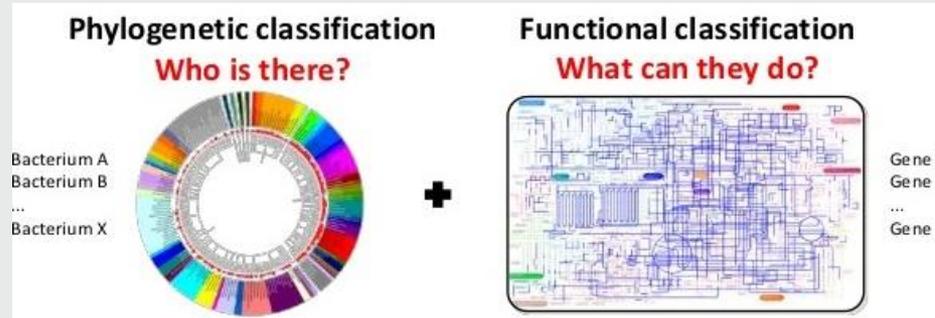


Germes

Métagénomiques

MinION : séquençage ADN à haut débit

- Méthode qualitative et semi-quantitative (>< méthode quantitative qPCR)
- Connaissance de la totalité des bactéries présentes dans l'échantillon grâce à l'identification des brins d'ADN
- Regroupement des bactéries et des gènes résistants aux antibiotiques



Germes Métagénomiques

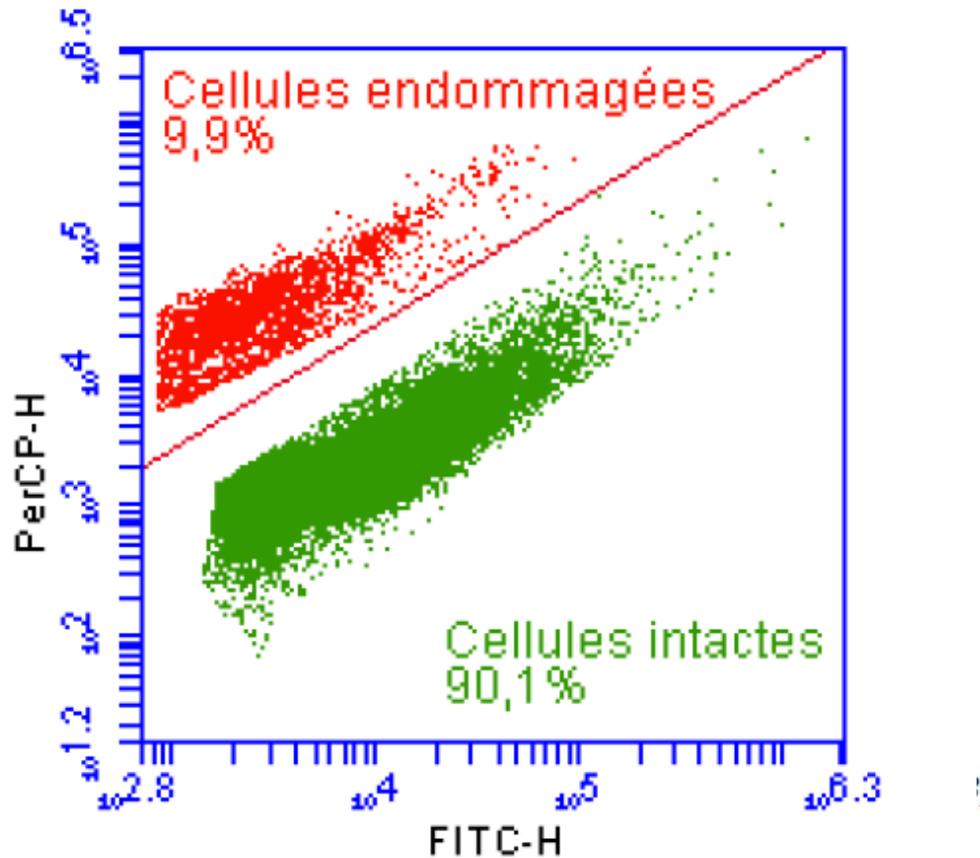
Représentation de la diversité bactérienne des 10 *genres* les plus abondants (%)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Burkholderiales; Comamonadaceae; Acidovorax -	0.04	0.01	0.01	0.06	0.01	0.03	0.07	0.13	0.1	0.14
Burkholderiales; Comamonadaceae; Rhodoferax -	0.02	0.19	0.03	0.03	0.07	0.03	0.08	0.04	0.01	0
unclassified; unclassified; unclassified -	0	0.02	0.03	0	0.03	0.05	0.02	0.02	0	0
Burkholderiales; Oxalobacteraceae; Undibacterium -	0	0.02	0	0	0	0	0.02	0.02	0.13	0.03
Legionellales; Legionellaceae; Legionella -	0	0.02	0.07	0	0.05	0.05	0.02	0.01	0	0
Pseudomonadales; Pseudomonadaceae; Pseudomonas -	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.02	0.16	0.03
Burkholderiales; Comamonadaceae; Hydrogenophaga -	0.01	0.01	0.02	0.01	0	0.02	0.04	0.01	0	0
Burkholderiales; unclassified; unclassified -	0	0.01	0.01	0.1	0	0	0.01	0.04	0.03	0
Burkholderiales; unclassified; Aquabacterium -	0.01	0.03	0.01	0	0.02	0	0.02	0.04	0.11	0
Burkholderiales; unclassified; Methylibium -	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0.02	0.02	0
Remaining taxa (1130) -	0.3	0.45	0.4	0.78	0.38	0.43	0.27	0.44	0.44	0.47
	INSTEP -	OUTSTEP -	Line_1_CW -	Line_1_CW -	Line_2_PF -	Line_2_CW -	Line_2_CW -	Line_3_GAC -	Line_4_PF -	Line_4_GAC -



Germes

Analyses complémentaires – Cytométrie en flux



Figur
f

Lena Brouwir, Rapport écrit n°2 pour master en génie Analytique - HelHa



L'analyse des données est toujours en cours pour présenter un article scientifique en automne 2023
(Université du Luxembourg et le CEBEDEAU)





Danksagung

Förderung durch Interreg V A
Großregion und Kofinanzierer

Beteiligte Partner Demonstrationsanlage:
Cebedeau, Uni Luxemburg, EVS

Literatur:

Bornemann, et al.: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben Technische Erprobung des Aktivkohleeinsatzes zur Elimination von Spurenstoffen in Verbindung mit vorhandenen Filteranlagen FilterAK+: Abschlussbericht. Wuppertal, **2015**. – gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Metzger, S. ; Keyzers, C. ; Duschek, K.: Synergieeffekte der Spurenstoffelimination im Kontext der weitergehenden Abwasserreinigung (DWA Landesverbandstagung Baden Württemberg 2019). 16.10.**2019**.

Miehe, U., et al.: Studie über Effekte und Nebeneffekte bei der Behandlung von kommunalem Abwasser mit Ozon. Berlin. **2017**.

Simon, L.-P.: *Konzeption, Durchführung und Auswertung eines Messprogramms zur Untersuchung von Synergieeffekten bei Verfahren zur Spurenstoffelimination : Im Rahmen des CoMinGreat-Projektes an der Demonstrationsanlage auf der Kläranlage Bliesen.* Birkenfeld, Hochschule Trier - Umweltcampus Birkenfeld, Studiengang Bio-, Umwelt- und Prozessverfahrenstechnik. Bachelorthesis. **2022**.

Multhaup, A., et al.: Spurenstoffelimination - Phosphorreduktion als Nebeneffekt. In: wwt Wasserwirtschaft Wassertechnik (**2023**), Heft 6, S. 27–33.