Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

Association suisse des professionnels de la protection des eaux

Associazione svizzera dei professionisti della protezione delle acque

Swiss Water Association



Erfahrungsaustausch Aktivkohle

8. Erfahrungsaustausch Aktivkohle
ARA Regensdorf
Simon Bitterwolf, Plattform Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen

vsa.ch/kontakt

Ziel und Motivation Erfahrungsaustausch

- Erfahrungsaustausch
- Information über laufende Projekte und neue Entwicklungen
- Erkennen von potenziellen Problemen
- Sammlung Themen und offene Fragestellungen

Programm

1. Begrüssung und Input Plattform

- Stand Ausbau ARA, Entwicklungen Verfahren
- Umsetzung Motion MV
- Neue Erkenntnisse, laufende Projekte
  - Direktdosierung Flüssig-PAK
- Aktuelle Themen und Ausblick:
  - Ausfuhr/Zolldeklaration GAK
  - Einfluss Temperatur auf Reinigungsleistung
  - Testverfahren zur Auswahl von Aktivkohle
  - Aktivkohle-Rückhalt (Analysemethoden und Labore)

2. Vorstellung GAK im Schwebebett ARA Regensdorf

Pause

3. Stand Faktenblätter

- GAK im Schwebebett
- PAK
- GAK-Festbett

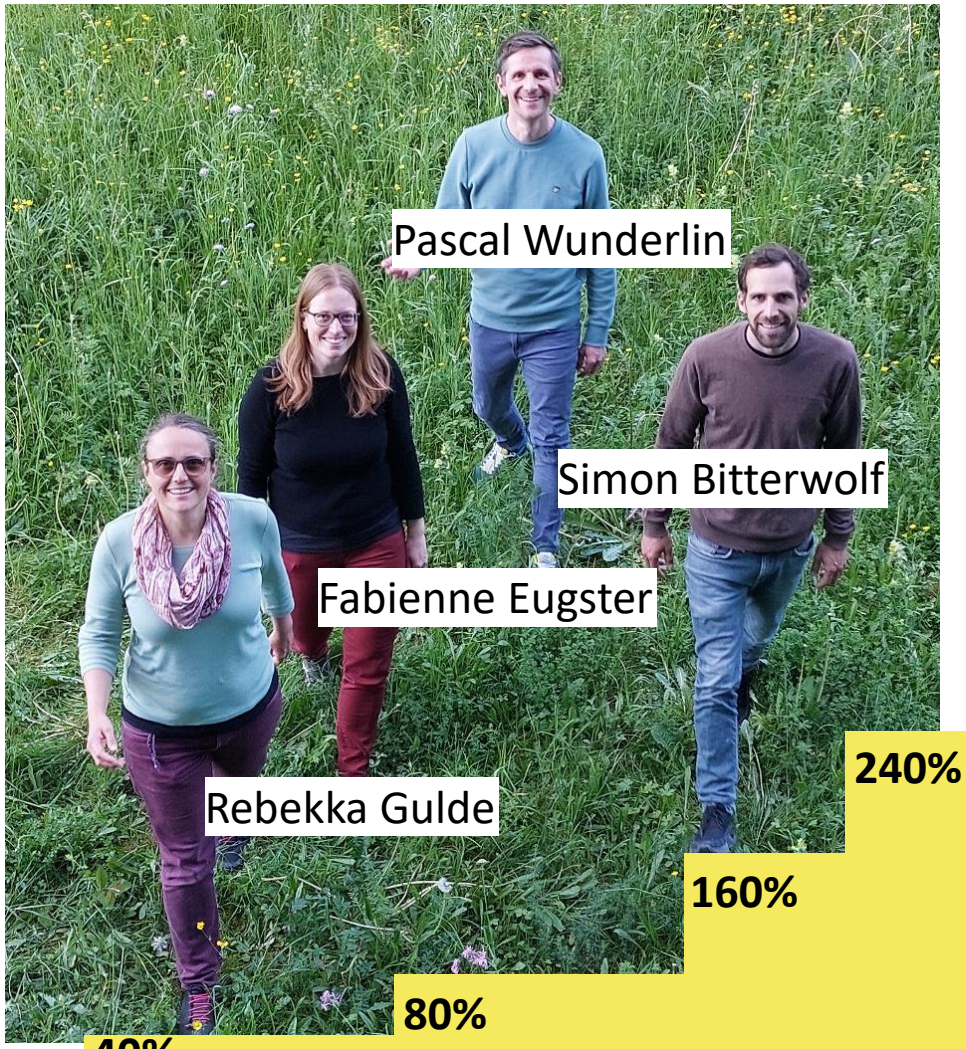
4. Austausch in Kleingruppen pro Verfahren

- Aktuelle Themen
- Beschaffung Aktivkohle
- Verschleissteile und Lagerhaltung
- Betriebsweisen und Dosierstrategien
- …

5. Besichtigung GAK im Schwebebett, ARA Regensdorf

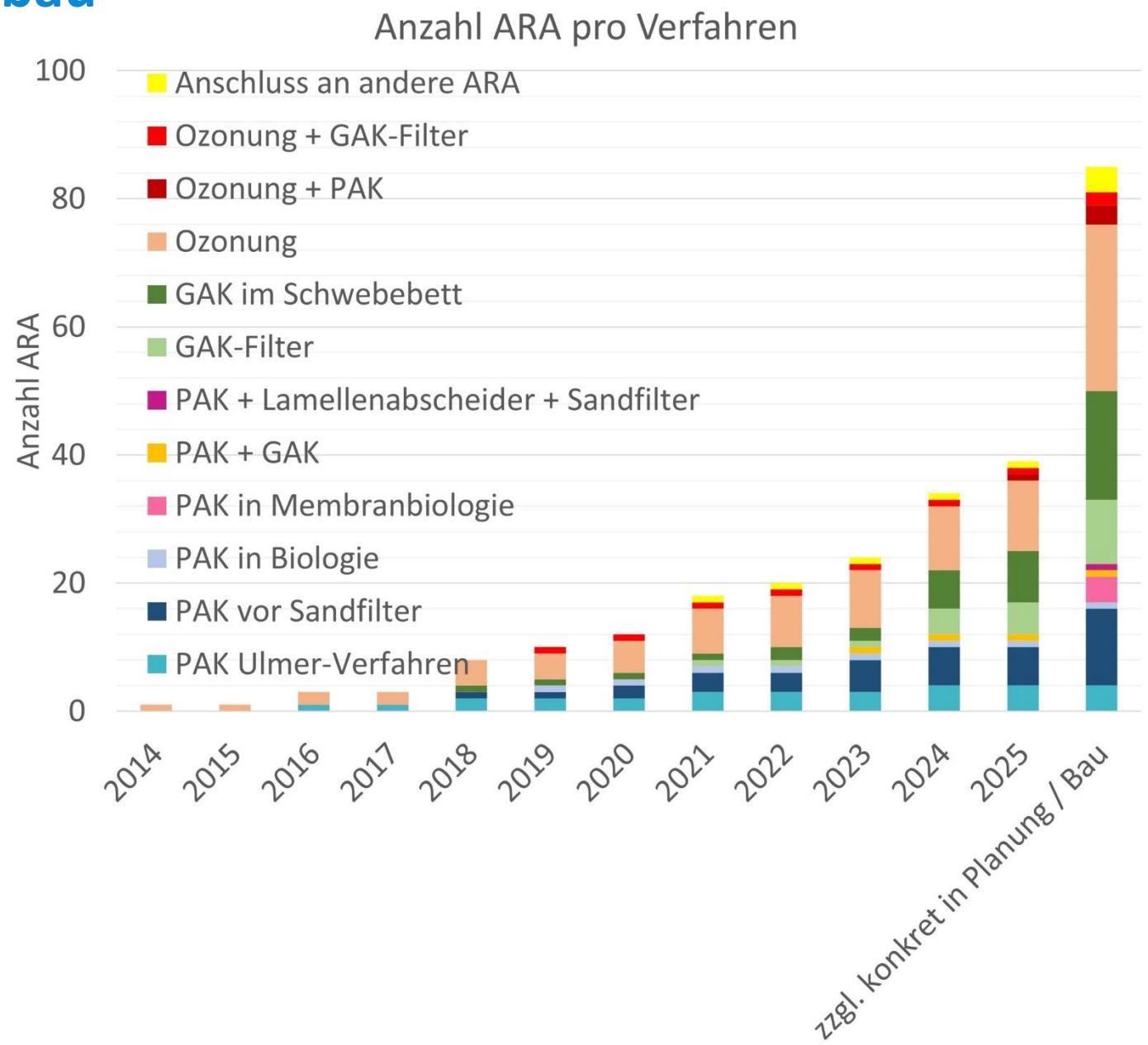
6. Optional: Gemeinsames Mittagessen, Restaurant Furtbächli

Vorstellung Plattform

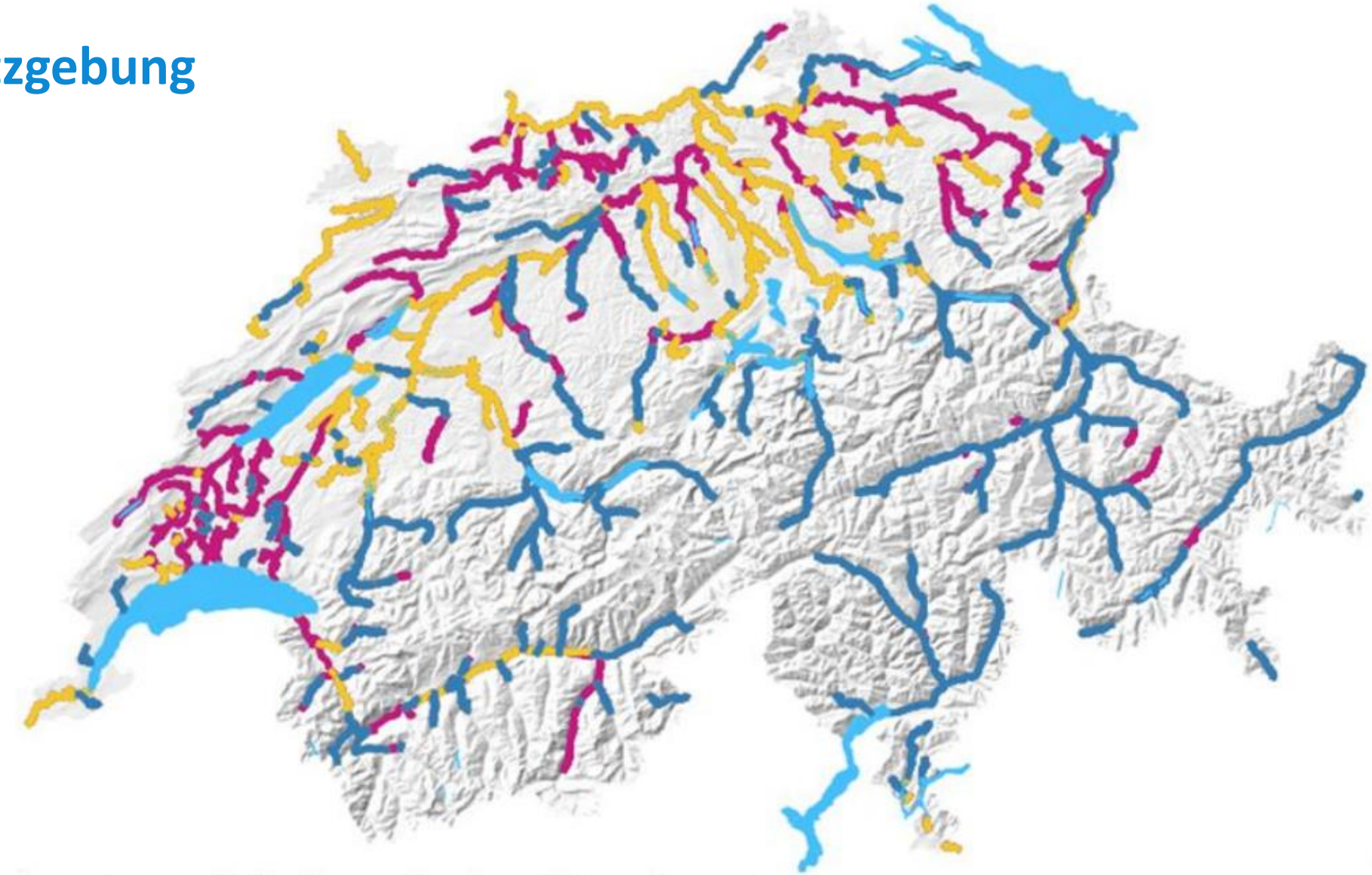


Nachname	Vorname	ARA/Institution	Verfahren	Zmittag
Balmelli	Lorenzo	CDALED Lugano	GAK	
Bapst	Christophe	Villars-sur-Glane	PAK vor SF	
Bhend	Thomas	Wetzikon	PAK in Biologie	
Biermann	Klaus	Glarnerland	Kombi GAK/PAK	
Bitterwolf	Simon	VSA Plattform		
Böhler	Marc	Eawag		
Buchmüller	Andreas	Moos, Amriswil	GAK kontinuierlich	
Brändle	Till	Regensdorf	GAK im Schwebebett	
Graf	Hansruedi	Altenrhein	Kombi Ozon/GAK	
Gobalet	Sébastien	Henniez	PAK direkt in Biologie	
Graf	Patrick	REAL Luzern	GAK im Schwebebett	
Jörg	Selina	ARA Bern	GAK im Schwebett	
Kälin	Stefan	Sarneraatal	GAK-Filter	
Klaus	Thomas	Schönau	PAK vor SF, PAK in Biologie	
Vogt	Martin	AIB		
McArdell	Christa	Eawag		
Moos	Martin	Fällanden	GAK	
Schneider	David	Gossau-Grüningen	PAK vor SF	
Seuret	Pierre-Michel	Delémont	GAK im Schwebebett	

Aktueller Stand Ausbau



Gesetzgebung



Berechnungen für die Fliessstrecke mit gereinigtem Abwasser

- Keine Grenzwertüberschreitungen im Gewässer
- Grenzwertüberschreitungen im Gewässer; ausreichende Entlastung durch ARA-Ausbauprogramm (2016)
- Grenzwertüberschreitungen im Gewässer; keine / ungenügende Entlastung durch ARA-Ausbauprogramm (2016)

Gesetzgebung

	ARA mit Überschreitung 2% Abwasserkriterium		ARA ohne Q_{347}-Wert		Zusatzmassnahmen für ARA aus Ausbauprogramm 2016	
	Anzahl ARA	Kosten [Mio. Fr.]	Anzahl ARA	Kosten [Mio. Fr.]	Anzahl ARA	Kosten [Mio. Fr.]
Ausbau/ Zusatzmassnahmen	231	791	55	81	54	148
vorgesehene Umleitungen	60	123	4	6		
Zwischensummen	**291**	**914**	**59**	**87**	**54**	**148**
Gesamtkosten [Mio. Fr.]				1149		

Massnahmen zur Erhöhung der EMV

- Höherer Betriebsmitteleinsatz
- Ausbau
- Kombinationsverfahren
- Spezialisierte Aktivkohle (für Diclofenac-Abbau)

Gesetzgebung

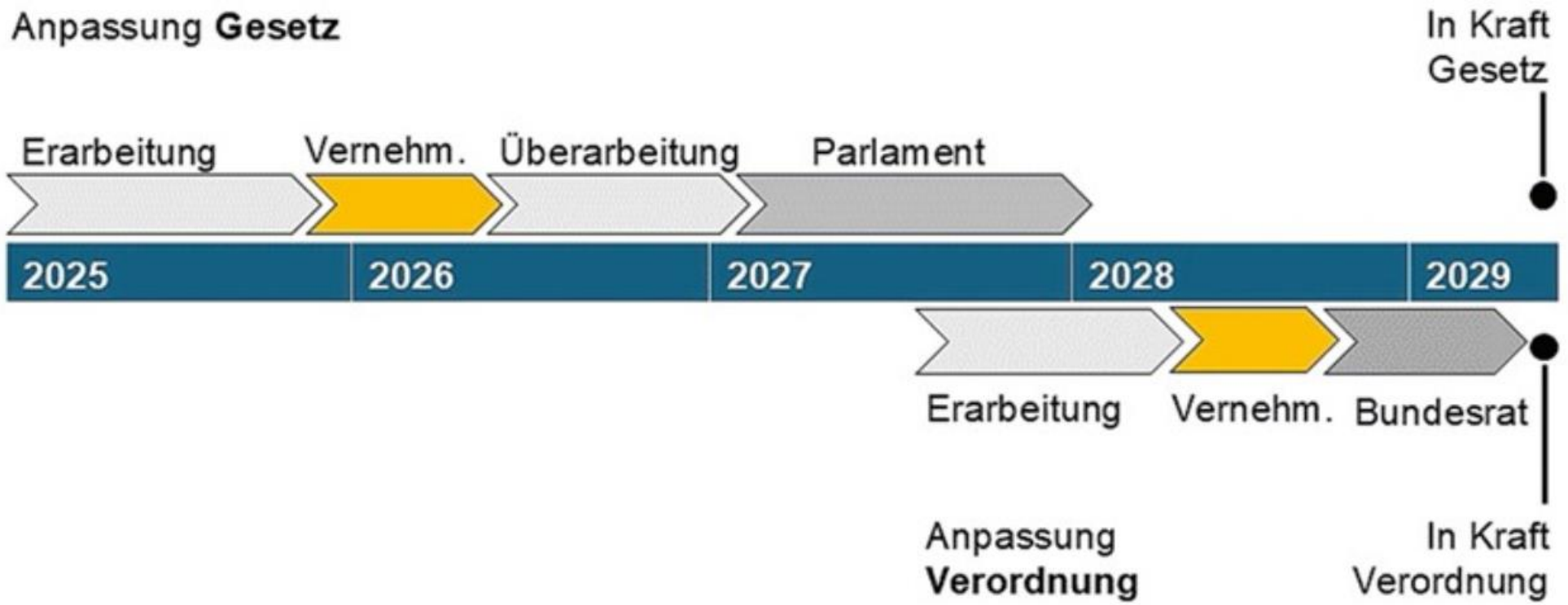
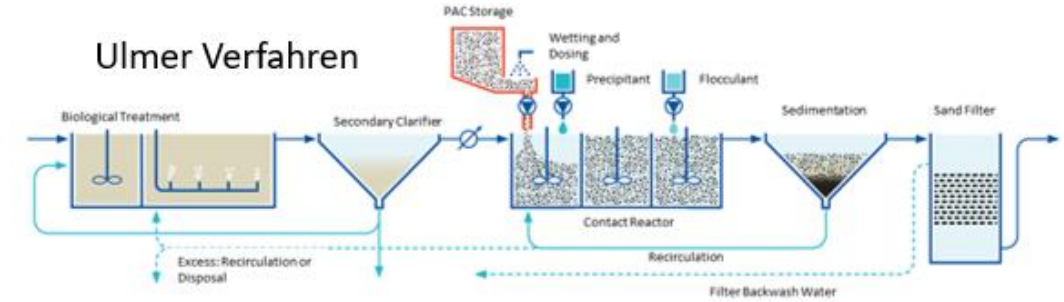
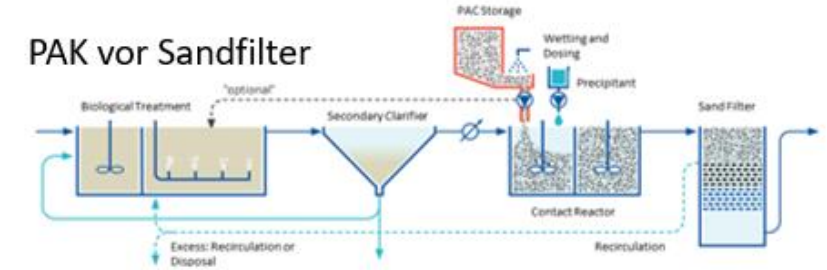


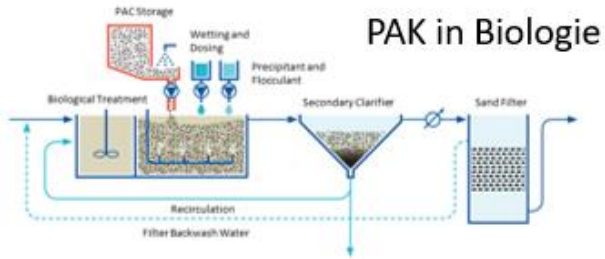
Fig. 4 Der zeitliche Ablauf der Überarbeitung des Gewässerschutzgesetzes.

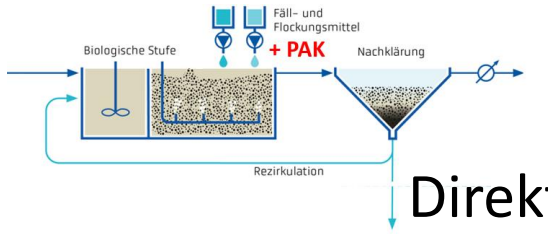
Laufende Versuche: PAK Direktdosierung in Biologie

Komplexität



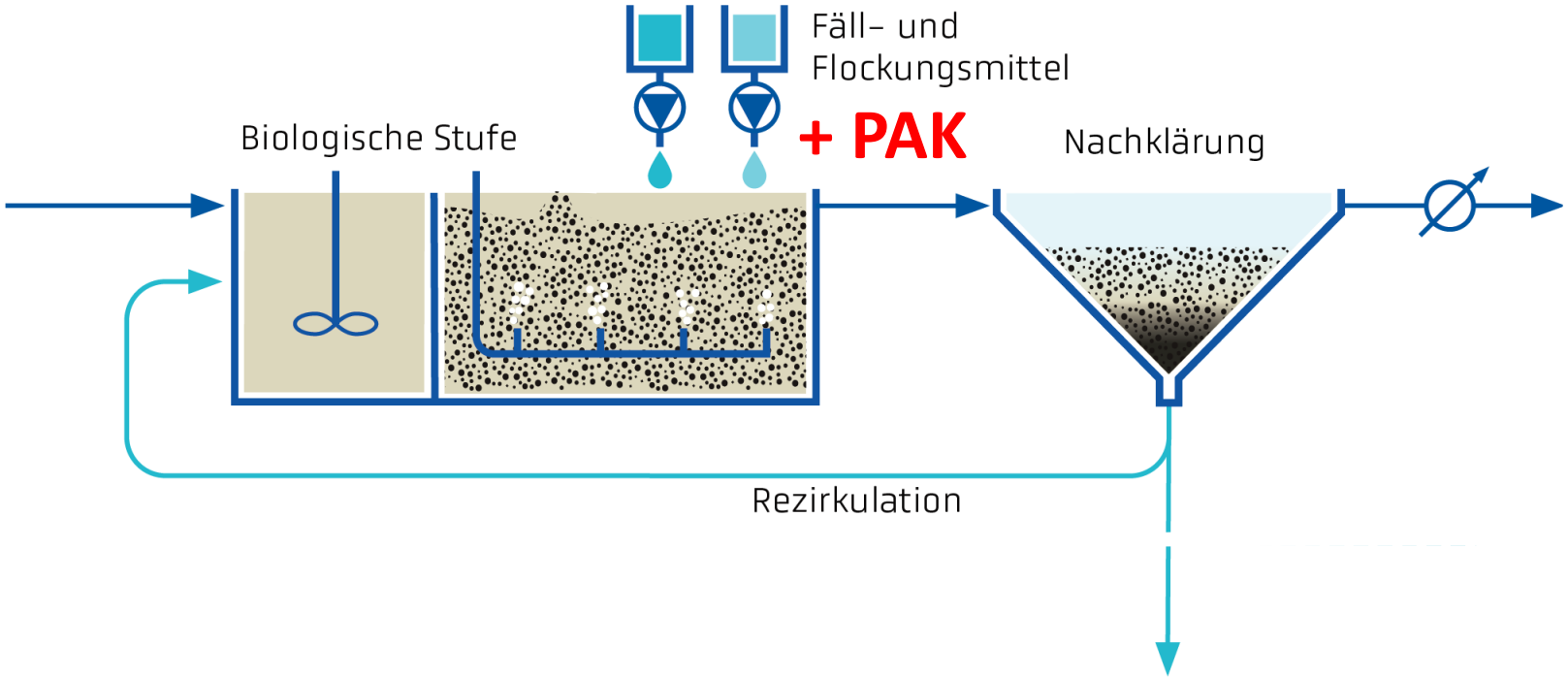






Direktdosierung Flüssig-PAK

Pilotversuch mit Dosierung von PAK-Suspension



Offene Fragen: AK-Rückhalt? Reinigungsleistung? Betriebsmittelbedarf?

Pilotversuch mit Dosierung von PAK-Suspension

Versuch läuft auf STEP Pigeon (Forel, VD)

- Dosierung herausfordernd, neue Rezeptur (ARA Hohenems) scheint besser zu funktionieren.

- AK-Rückhalt und MV-Elimination: Wird in der 2. Hälfte 2026 untersucht

- Erste Ergebnisse:
  - Forel: Keine PAK im Ablauf
  - Hohenems: Reinigungsleistung (12 Leitsubstanzen) wird erreicht
  - STEP Henniez dosiert seit mehreren Jahren PAK (trocken) direkt und ohne Filter

AK-Rückhalt

- Revision Faktenblatt veröffentlicht Dezember 2024
- Bestimmungsgrenze: 0.1 mg/l
- Nachweisgrenze: 0.05 (MIPA2C), 0.1 (TGA)

- Publikation MIPA2C in Arbeit

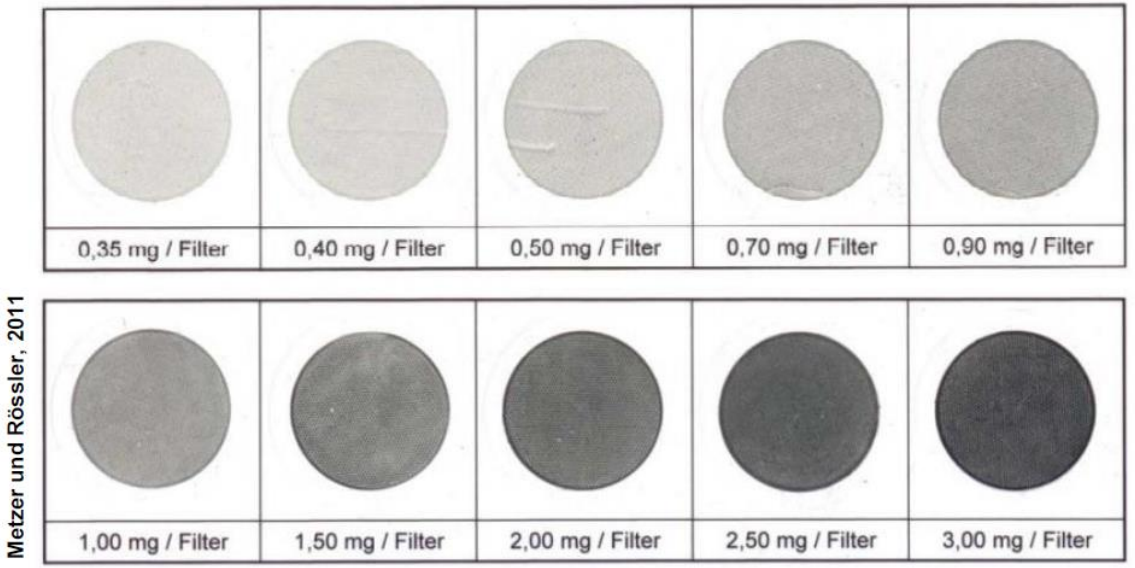


Abbildung 2-5: Sichtfilterpapiere mit verschiedenen PAC-Einwaagen bzw. „Schwarzgraden" (verwendete PAC: Norit SAE Super)

Export GAK

- GAK-Export häufig (immer) im Ausland
- Export erfordert Zolldeklaration
- Bis 2024 erfolgte diese über die «Grüne Liste»

Aber: Es kann nicht abschliessend beurteilt werden, ob die AK frei von gefährlichen Eigenschaften ist

→ «Gelbe Liste»

- Erfordert Bewilligung des BAFU
  - Bis zu 3 Monate Bearbeitungszeit
  - Sammelnotifikation?

  - Projekt in Spanien: Reaktivierung vor Ort (wird getestet mit GAK der ARA Moos und Delémont)

Wie sind die Erfahrungen?

Fällmitteldosierung vor GAK-Filter

- 18 Monate Versuche auf der Kläranlage Emmingen-Liptingen in 3 Filtern (2 mit, 1 ohne Fällmittel Eisen(III)-chlorid)
- Kontinuierliche Filter (Nordic Water/Sulzer)

- Reinigungsleistung
  - Fällmitteldosierung hat keinen oder sehr geringen Effekt auf MV-Elimination
  - Geringfügig bessere Leistung für CSB und SAK. Erhöhung der Feststoffe im Ablauf.

- Betrieb
  - Höhere Feststoffbeladung → Mehr Spülungen (bzw. Reinigung), mehr Verblockungen
  - Fällmittel hat keinen Einfluss auf die Reaktivierbarkeit der GAK

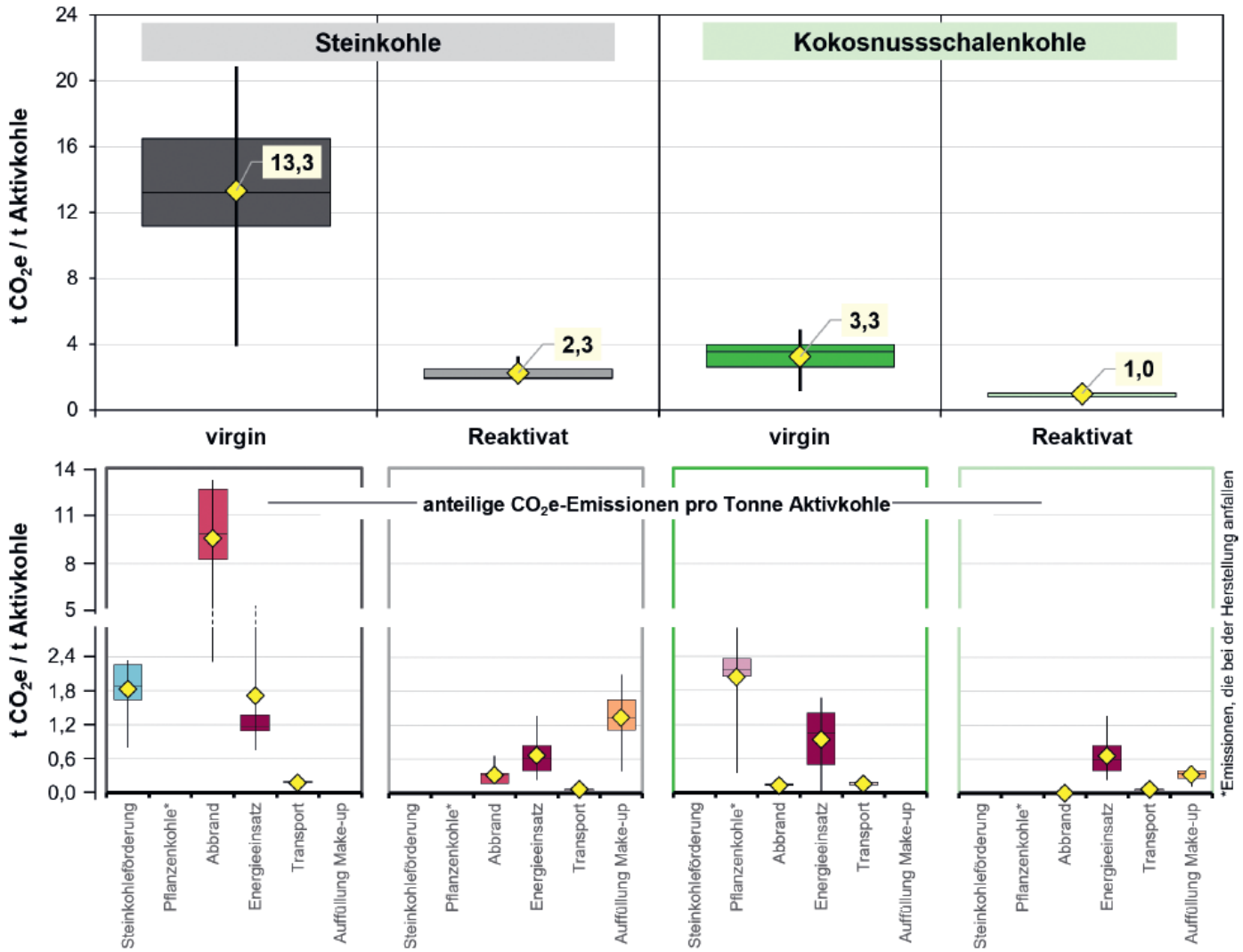
Blind, M. et al. (2026): Auswirkungen der Fällmitteldosierung auf die Spurenstoffentfernung von Filtern mit granulierter Aktivkohle, Korrespondenz Abwasser 10/2026

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle



Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser, 11.2026

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle



- Berechnungen basieren auf Abfrage aller wichtigen Hersteller (workshop 2024 in Kassel (D) / 2016 in Essen(D)
- Zahlen haben sich nicht wirklich verändert
- Rohstoffbereitstellung, Abbrand, Energie bedeutend
- Transporte Übersee (Schiff) geringer Einfluss

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle

GAK	PAK
68 g CO2e pro m3 Abwasser	Biogen: 50 g CO2e pro m3 Abwasser Fossil: 240 g CO2e pro m3 Abwasser
1.9 to → 500’000 m3 Abwasser	7.5 to → 500’000 m3 Abwasser

=> Bei Verwendung 100% biogen Vorteil für PAK

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Optimierung:

- Aktivkohle – fossil und auch biogen – ist mit Umweltbelastungen verbunden

→ Prio Nr. 1: Einsatz auf notwendiges Mass optimieren

- Doppelnutzung von Aktivkohle aus der Trinkwasserreinigung
  - Beispiele für PAK und GAK

- Biogene Aktivkohle: bislang nur für PAK
  - Herausforderungen:
    - Homogenes Material,
    - geringere Schüttdichte,
    - evtl. mehr Behandlungsschritte bei der Herstellung,
    - grosse Mengen Rohmaterial erforderlich (ca. Faktor 10 zum Endprodukt)
- Allgemein: Auch fossile Aktivkohle erfordert bis zu 25 t Abraum pro t Aktivkohle

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Optimierung Aktivkohlebedarf

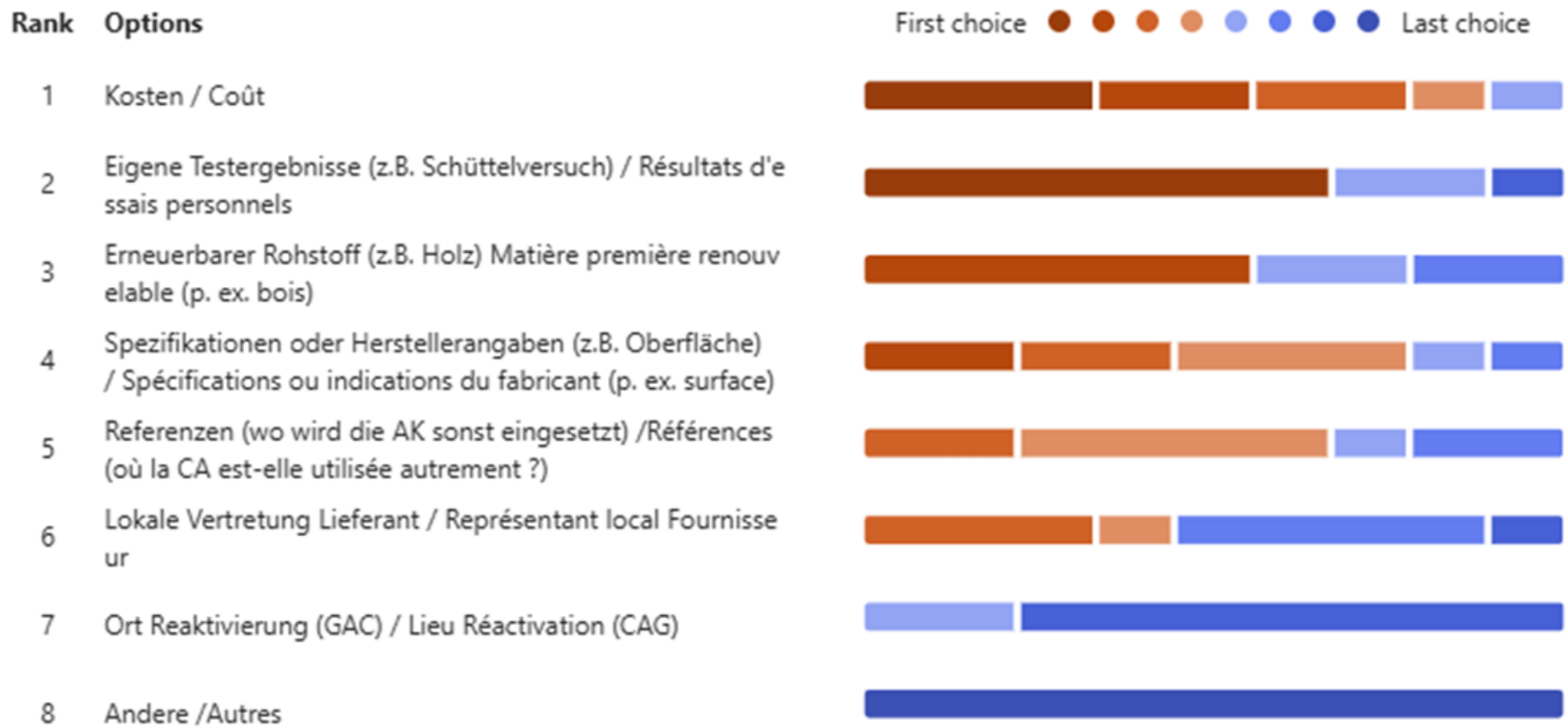
- Konkurrenz verhindern (DOC)
  - ausreichendes Schlammalter und hohe hydraulische Verweilzeit
  - Massnahmen im Netz einbeziehen (Frachtausgleich Industrie und Regenwetter)
- PAK-Dosierstellen
  - Dosierung dort, wo Kohlenstoff (DOC) möglichst schon abgebaut ist
  - Rückführung, wo möglich (Gegenstrom)
  - (hohe) Verweilzeit PAK in den Reaktoren
- Nur so viel Rückspülungen wie nötig (GAK und Sandfilter); Feststoffeintrag minimieren
- Parallelschaltung von GAK-Filtern / optimale Beladung / Regenwetter
- Kombiverfahren (Ozon) => Standzeit GAK!

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Auswahlkriterien bei der Beschaffung von Aktivkohle (Ranking)

Anzahl Teilnehmende: 11

Umfrage beim Erfahrungsaustausch 2025



Andere: Härte, Ausstattung LKW, Dichte, Ansprechpartner, CO2-Fussabdruck, Abbauleistung vs. Kosten, Filtereigenschaften (Feststoffe)

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Beschaffung von Aktivkohle

- Üblich: Preis pro Tonne oder Wirtschaftlichkeit

$$effektiver\ Preis = \frac{Angebotspreis}{Entnahme\ [\%]\ x\ (1-Wasseranteil[\%])} \qquad (1)$$

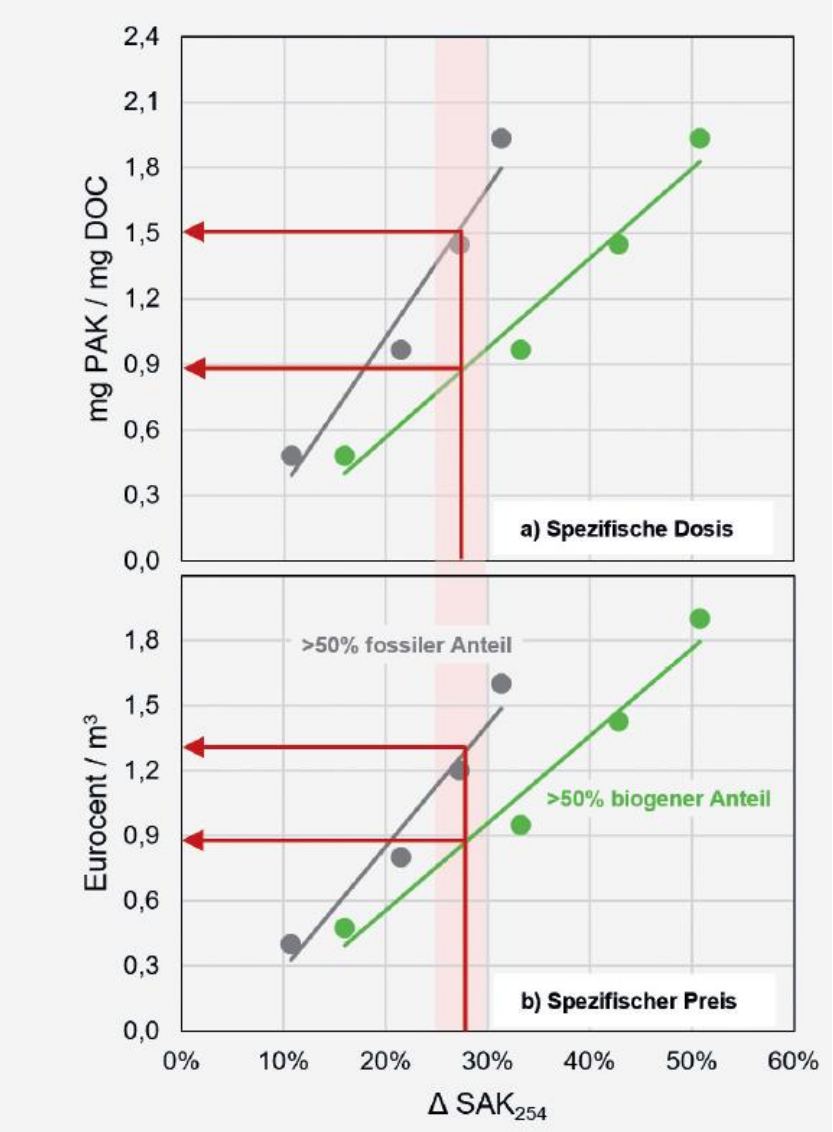
SAK, DOC oder MV

optional

Schüttelversuche

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Beschaffung von Aktivkohle



EINORDNUNG DER RESULTATE

- Bei gleicher Effizienz ist der PAK-Bedarf für Produkt 1 rund 65% höher, verbunden mit höherem CO_2e-Footprint des Produktes.
- Produkt 2 substituiert einen Teil fossiler PAK bei gleicher Effizienz.
- Der höhere Bedarf von Produkt 1 generiert mehr Folgeaufwendungen für die Anwendung und Entsorgung verbunden mit höherem CO_2e-Footprint.
- Bei gleicher Effizienz sind die Kosten für die Bereitstellung von Produkt 1 rund 50% höher, trotz Angabe des Lieferanten von rund 20% Mehrpreis für Produkt 2.
- Das Beispiel zeigt, dass trotz der höheren Kosten für (anteilig) biogene Produkte diese wettbewerbsfähig sind und sich Vorteile für die Minimierung des Einsatzes von Aktivkohle ergeben können.

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Beschaffung von Aktivkohle
Option mehrstufiges Ausschreibungsverfahren

Eignungs- bzw. **Ausschlusskriterien** zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in der **ersten Stufe** können beispielsweise folgende Vorgaben sein:

- ein Mindestanteil an biogen basierter Aktivkohle
- ein Mindestanteil an Reaktivaten
- ein Mindestanteil an DowncyclingAktivkohle.

Option eigenständiges Ausschreibungsverfahren

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Beschaffung von Aktivkohle
Option eigenständiges Ausschreibungsverfahren

Kein Ausschluss von Produkten

für dieses Vorgehen werden mehrere klar messbare Kriterien herangezogen

Punktesystem bewertet

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle
Beschaffung von Aktivkohle
Option eigenständiges Ausschreibungsverfahren

1. Nachhaltigkeitsmerkmale des Aktivkohleprodukts, beispielsweise Anteil biogen basierter Aktivkohle oder Anteil an Reaktivaten oder Anteil an Downcycling-Aktivkohle

2. Transparenz der Lieferkette, das heißt Herkunftsangaben zur biogenen Aktivkohle oder bei Reaktivaten und Downcycling-Aktivkohlen Angaben zur vorangegangenen Anwendung.

3. Nachweis von Referenzen, etwa durch die Benennung von Anlagen, in denen das Produkt bereits erfolgreich eingesetzt wurde.

Punktesystem 0 - 3

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Nachhaltigkeitsaspekte von Aktivkohle

- Aktivkohle – fossil und auch biogen – ist mit Umweltbelastungen verbunden

→ Prio Nr. 1: Einsatz auf notwendiges Mass optimieren ~~reduzieren~~!

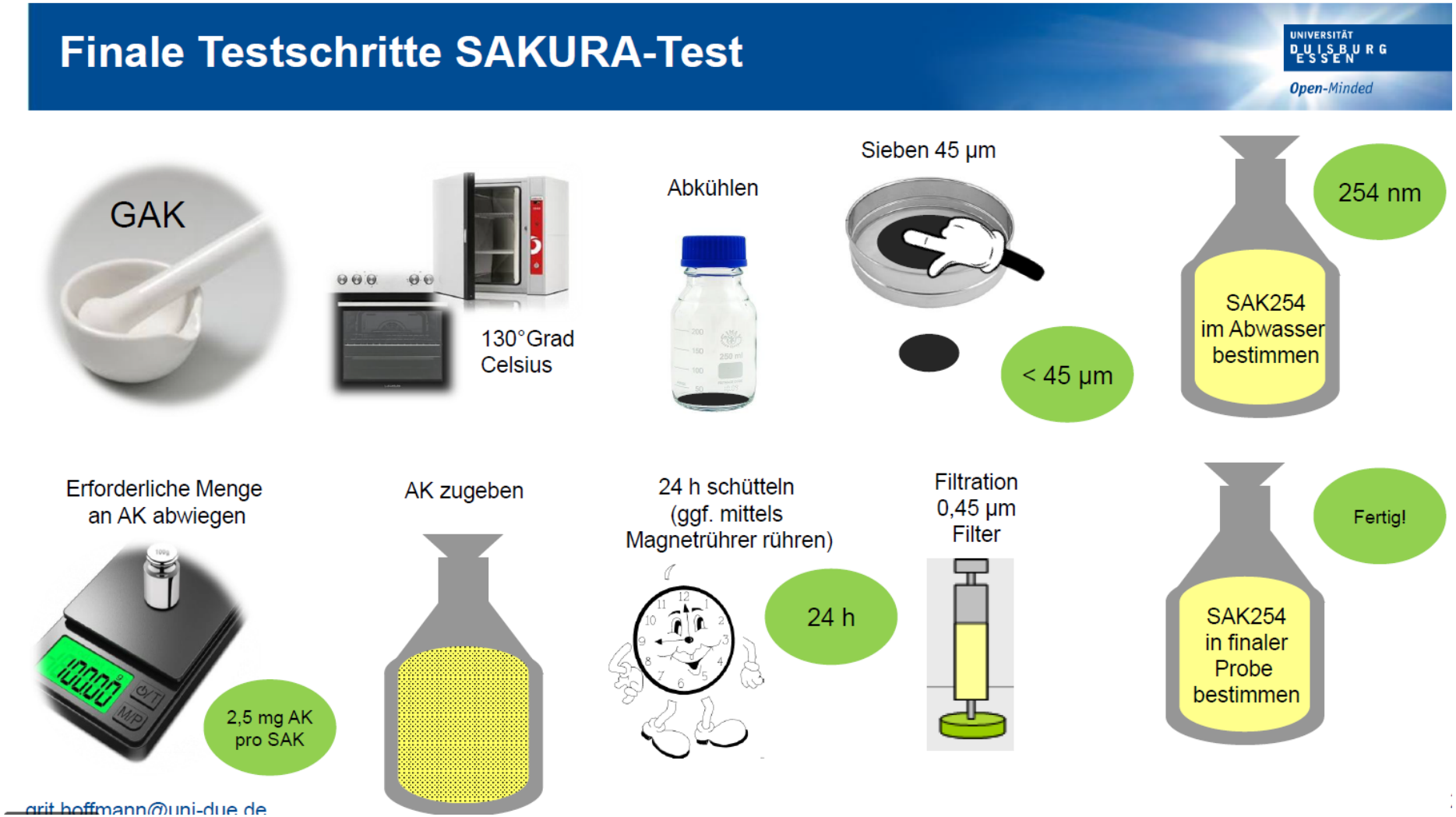
→ Offen sein und Nachfragen nach alternativen Produkten (anteilig biogen und/oder anteilig Reaktivat *(Nachfrage regelt auch den Markt und regt Lieferanten an, neue Produkte zu entwickeln und zu lancieren)*

→ Bei Wahl Verfahren: PAK nicht immer automatisch schlechtere Wahl bezüglich Nachhaltigkeit!

→ Bei Ausschreibungen Kriterien/Gewichtung so wählen, dass Nachhaltigkeit auch berücksichtigt

Metzger, S. … Böhler, M. et al. (2026): Nachhaltigkeitsaspekte bei der Anwendung von Aktivkohle zur Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen, Korrespondenz Abwasser

Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Bewertung von Aktivkohlen zur Nutzung in der Abwasserreinigung

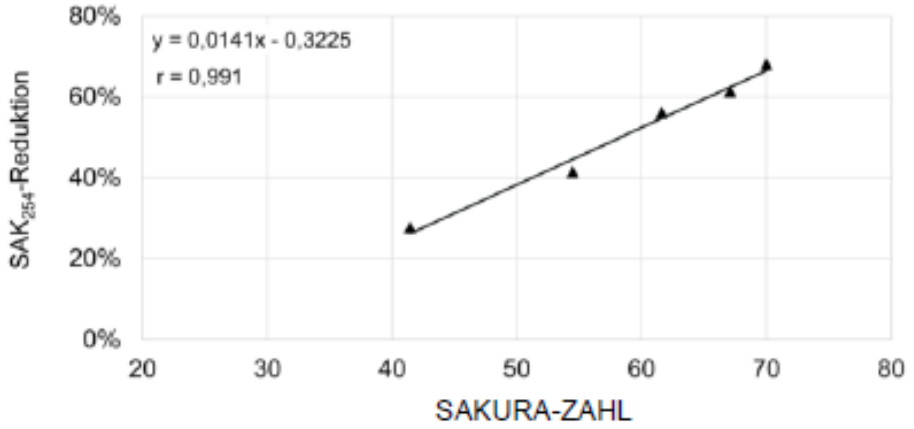


Grit Hoffmann, Stefan Panglisch, Nico Kreuder (2026): Präsentation Technologieforum

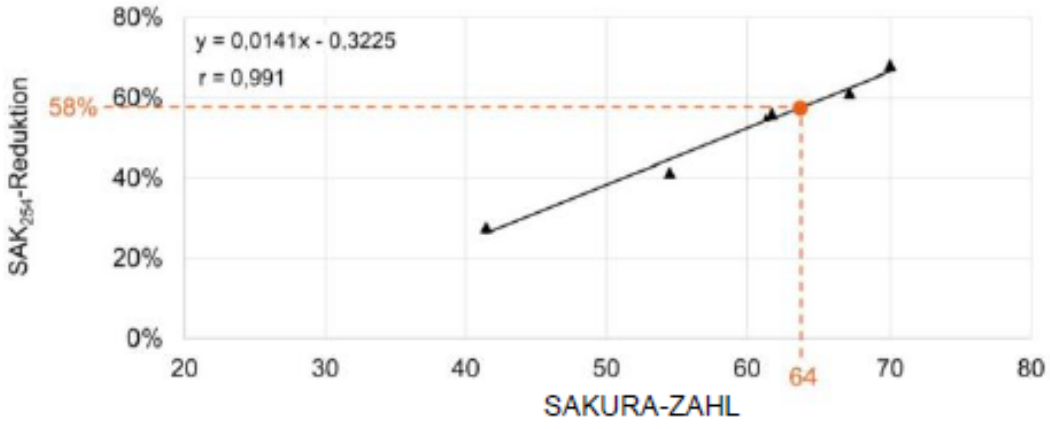
Entwicklung eines standardisierten Verfahrens zur Bewertung von Aktivkohlen zur Nutzung in der Abwasserreinigung

- **Einbeziehung von fünf ausgewählten Referenzkohlen**
  - **Bestellung und Einlagerung von großen Mengen**
  - **Bewertung der SAK-Elimination dieser Aktivkohlen in vielen verschiedenen Kläranlagenabläufen**
  - **Bisher: Schlechteste AK = SAKURA-42 und beste SAKURA-70**
- **Durchführung SAKURA-Test im eigenen Kläranlagenablauf**

für die fünf Referenzkohlen…



… sowie die eigene Aktivkohle



→ mögliche Einordnung der Probe

grit.hoffmann@uni-due.de

Grit Hoffmann, Stefan Panglisch, Nico Kreuder (2026): Präsentation Technologieforum

GAK-Filter: Der Einfluss der Kontaktzeit und mikrobielle Biomasse auf den Spurenstoffabbau

Environmental Science & Technology

pubs.acs.org/est

Article

Looking beyond Sorption in GAC Filters: How Extended Contact Times and Functionally Distinct Microbial Biomass Enable Enhanced Micropollutant Biodegradation

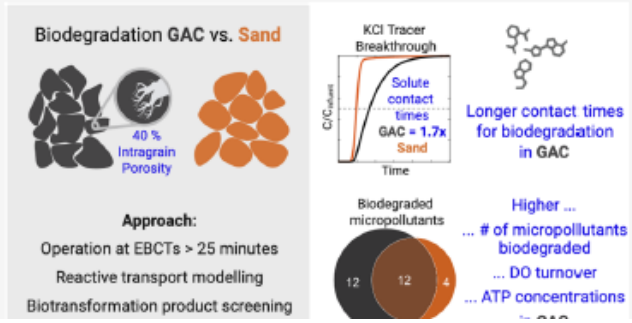
Sema Karakurt-Fischer,* Janek Greskowiak, Kathrin Fenner, Christa S. McArdell, Marc Böhler, and Adriano Joss

Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2026, 60, 19680–19692

Read Online

ACCESS | Metrics & More | Article Recommendations | Supporting Information

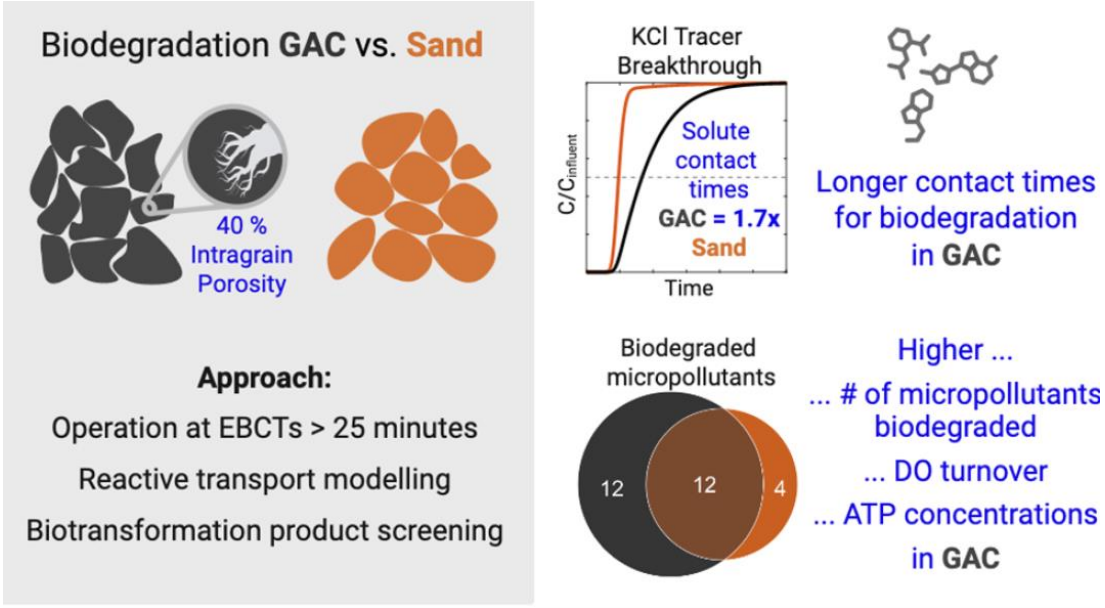
ABSTRACT: Micropollutant abatement in granular activated carbon (GAC) filters is governed by both sorption and biodegradation processes. Yet a comprehensive understanding of which micropollutants are biodegraded, how much biodegradation contributes to GAC's performance, and how GAC's properties affect biodegradation, remains limited. This study addresses these knowledge gaps by combining reactive transport modeling with pilot-scale experiments, investigating the fate of 45 micropollutants in parallel GAC and sand filters operated at contact times of up to 100 min. Tracer tests and modeling showed that GAC's high intragrain porosity (40%) prolongs solute-biomass contact times by



Downloaded from pubs.acs.org/est/article-pdf/60/27/19680/

GAK-Filter: Der Einfluss der Kontaktzeit und mikrobielle Biomasse auf den Spurenstoffabbau

- In GAK-Filtern findet Sorption und biologischer Abbau statt
- Bio. Abbau in GAK deutlich höher als in Sand (Poren in GAK → >Kontakzeit)
- Kontaktzeiten >25 min: Besserer Abbau von 25 (von 45 untersuchten) MV
- Bio. Abbau in GAK: 24 MV; in Sand: 16 MV (von 45)
- GAK mit adaptierter Biomasse



Karakurt-Fischer, S.,…McArdell, C., Böhler, M.,… (2026): Looking beyond Sorption in GAC Filters: How Extended Contact Times and Functionally Distinct Microbial Biomass Enable Enhanced Micropollutant Biodegradation, Environ. Sci. Technol. 2026, 60, 19680 - 19692

GAK-Filter: Tipps für den Betrieb

- Aufenthaltszeit hoch halten (>25 min oder höher)
- GAK-Filter besser minimal beschicken als ganz abschalten (bei individueller Beschickung)
- Sauerstoffeintrag optimieren? (z.B. Überfall)
- Rückspülungen nur so oft wie notwendig

Karakurt-Fischer, S.,…McArdell, C., Böhler, M.,… (2026): Looking beyond Sorption in GAC Filters: How Extended Contact Times and Functionally Distinct Microbial Biomass Enable Enhanced Micropollutant Biodegradation, Environ. Sci. Technol. 2026, 60, 19680 - 19692

GAK-Filter: Einfluss Temperatur auf EMV

Water Research 305 (2026) 126506

Contents lists available at ScienceDirect

Water Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres

Adsorption outweighs biodegradation: Organic micropollutants exhibit compound-specific temperature responses in biologically active granular activated carbon filters

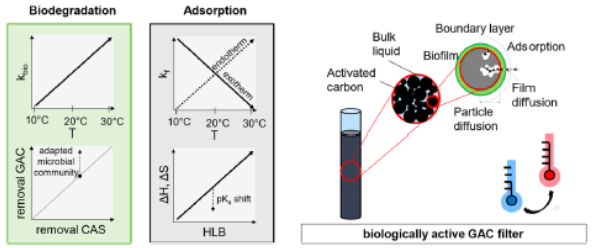
Larissa Graß [a], Daniel Hillebrandt [b], Julian Firk [b], Laurence Palmowski [a], Benedikt M. Aumeier [c], Thomas Wintgens [a,*]

[a] Institute of Environmental Engineering (ISA) RWTH Aachen University, Mies-van-der-Rohe-Str. 1, Aachen, 52074, Germany
[b] Nierswerband, Am Nierswerband 10, Viersen, 41747, Germany
[c] Chair of Urban Water Systems Engineering, Technical University of Munich, Am Coulombwall 3, Garching, 85748, Germany

HIGHLIGHTS

- Temperature impacts both adsorption and biodegradation in GAC filters.
- Hydrate shells influence the temperature-dependent adsorption behavior of OMPs.
- pK_a shift increases 1H-benzotriazole removal at lower temperatures in GAC filters.
- Adapted microbiology leads to high biodegradation of diclofenac in GAC filters.
- Exothermically adsorbing OMPs cause temperature-related changes in GAC filter effluent.

GRAPHICAL ABSTRACT

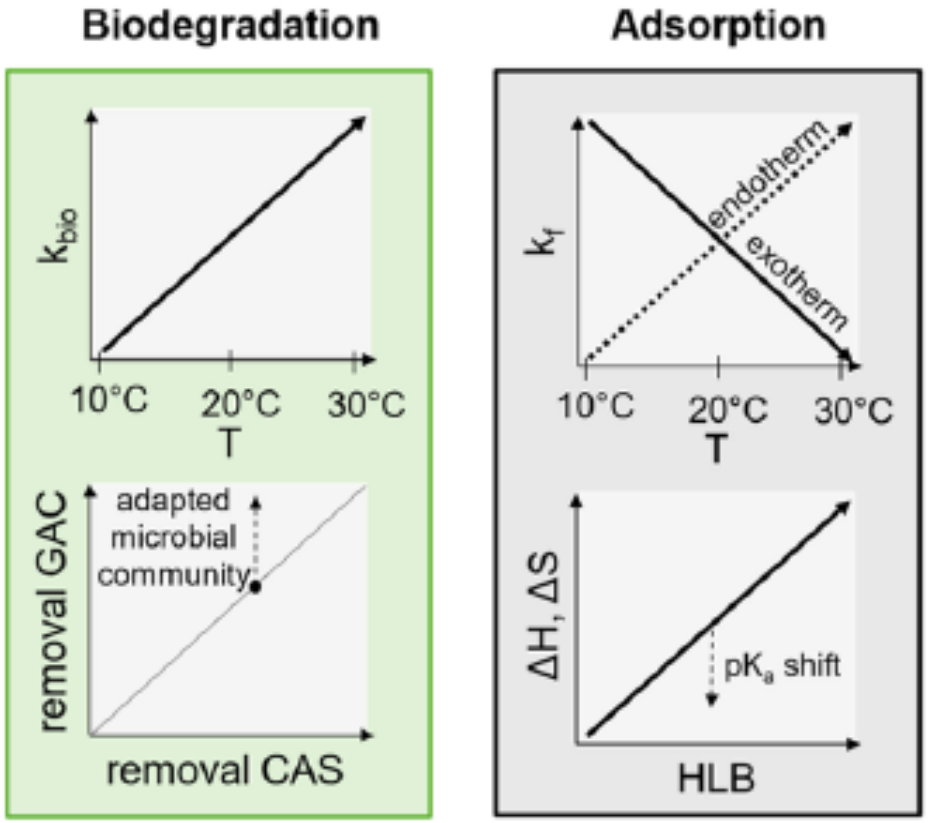


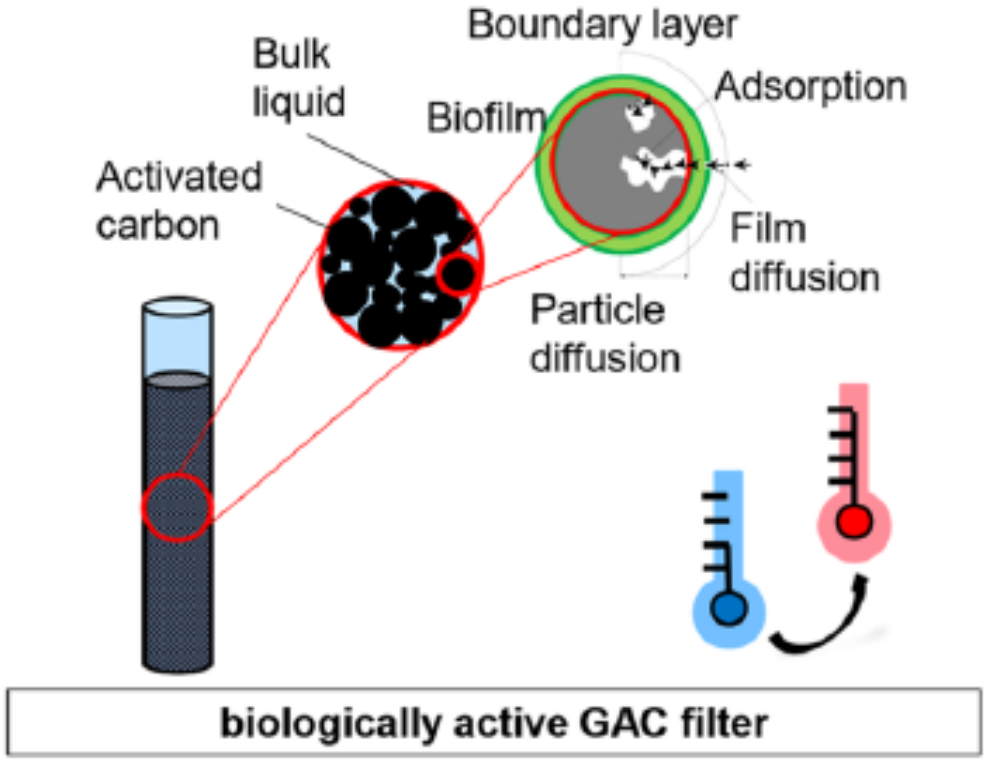
ARTICLE INFO

ABSTRACT

Grass, L. et al. (2026): Adsorption outweighs biodegradation: Organic micropollutants exhibit compound-specific temperature responses in biologically active granular activated carbon filters, Water Research 305 (2026) 236506

GAK-Filter: Einfluss Temperatur auf EMV





Grass, L. et al. (2026): Adsorption outweighs biodegradation: Organic micropollutants exhibit compound-specific temperature responses in biologically active granular activated carbon filters, Water Research 305 (2026) 236506

GAK-Filter: Einfluss Temperatur auf EMV

- Die Temperatur beeinflusst Adsorption und den Bio.Abbau; substanzabhängig
  - Z.B. xx-Benzotriazole (Gruppe 2): geringerer Abbau bei hoher Temperatur
  - Manche Stoffe kompensiert Bioabbau die schlechtere Adsorption (z.B. Diclofenac)

Bei Fragen sind wir gern für euch da!



https://micropoll.ch/fr/contact/

- Pascal Wunderlin: Leiter der Plattform
- Rebekka Gulde: Fokus Datenauswertung Bereich EMV auf ARA
- Simon Bitterwolf: Fokus Verfahrenstechnik EMV auf ARA
- Fabienne Eugster: Fokus Reduktion Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe