

Die Reinigungstechnologien in Kläranlagen (KA) sind nicht dafür ausgelegt, Rückstände von einer Vielzahl an synthetischen Stoffen, sogenannten Mikroverunreinigungen (MV), wie pharmazeutischen Spurenstoffen, aus dem Abwasser zu entfernen. Auch wenn die Umweltauswirkungen noch nicht vollständig geklärt sind, besteht die Notwendigkeit, Kläranlagen mit der 4. Reinigungsstufe (4.RS) zur Entfernung dieser Rückstände zu modernisieren und so die Gewässerqualität in den Flüssen und der Ostsee zu verbessern.

### Kriterien, die bei einer Aufrüstung der KA mit der 4. Reinigungsstufe zu berücksichtigen sind:

1. Investitionskosten → Wirtschaftliche Rentabilität
2. Energieverbrauch → Erhöhte Energiekosten
3. Überwachung der 4.RS → Mehr Arbeitsaufwand, Beeinflussung anderer Reinigungsstufen, erhöhte Kompetenzanforderungen der KA-Betreiber
4. Laufende Kosten → Betriebskosten (Personal, Verbrauchsmaterial)

### Oxidation mit Ozon

- Relativ geringer Platzbedarf
- Kompakt und kostengünstig
- Nicht für jedes Abwasser geeignet – Bedarf einer fundierten Entscheidungshilfe
- Vorbehandlung entscheidend! (mechanisch / biologisch)
- Der Ozonverbrauch steigt mit zunehmendem DOC (gelöster organischer Kohlenstoff)
- Nachbehandlung erforderlich (z. B. Sandfilter), um potenziell giftige Nebenprodukte zu reduzieren
- Potenzielle Bildung von krebserregendem Bromat aus Bromid im Abwasser beachten

### Pulveraktivkohle (PAK)

- Keine Bildung von Nebenprodukten
- Mögliche Wechselwirkungen mit bestehenden Reinigungsstufen
- Höherer Bedarf an Polymeren und Fällungshilfsmitteln
- Lagerung und Handhabung von PAK (Explosionsgefahr und abrasiver Verschleiß von Pumpen und Rohren)
- Vorbehandlung zur PAK-Trennung erforderlich
- Verbrennung von PAK-Schlamm erforderlich

### Aktivkohlegranulat (GAK)

- Alternative zu PAK
- Vorbehandlung entscheidend! (Mechanisch / biologisch)
- Kompakt und einfach als 4.RS installierbar durch Austausch von Filtermaterial
- Gleiche Vorteile wie PAK sowie unkomplizierte Handhabung und Lagerung
- Relativ großer Platzbedarf



## Kontakt

Informationsmaterial

### Gdansk Water Foundation

Beata Szatkowska  
 beata.s@gfw.pl  
 www.gfw.pl



Koordinator

### Universität Kristianstad

Erland Björklund  
 erland.bjorklund@hkr.se  
 www.hkr.se



Dieser Flyer wurde innerhalb des Projekts MORPHEUS entwickelt. Ziel des Projektes ist die Verbesserung der Gewässerqualität im südlichen Ostseeraum durch die Reduktion der Einträge pharmazeutischer Spurenstoffe, die über Kläranlagen in den Wasserkreislauf gelangen.

Inhalt: Technische Hochschule Gdansk  
 Layout: EUCC-D  
 Übersetzung: EUCC-D und Universität Rostock

@morpheus\_eu

[www.morpheus-project.eu](http://www.morpheus-project.eu)



## 4. Reinigungsstufe in Kläranlagen zur Entfernung pharmazeutischer Spurenstoffe

[www.morpheus-project.eu](http://www.morpheus-project.eu)

## 1. Kläranlage - EGW, Q, einleitende Gewässer

### Einzugsgebiet-Kriterien

- KA mit hohen Frachten
- KA im Einzugsgebiet von Seen
- KA an Flüssen mit einem Abwasseranteil > 10%
- KA an Flüssen in Trinkwasserschutzgebieten

## 2. Kläranlage - vorhandene Technologien

### Technologische Kriterien

- Mechanische Reinigungsstufe
- Biologische Reinigungsstufe
- Nachbehandlung
- Klärschlammmanagement
- Verfügbarer Platz, Anwesenheit von qualifiziertem Personal, Verbrennungsanlage
- Das Vorhandensein von Bromid schließt die Ozonierung aus

## 3. Vorkommen von pharmazeutischen Spurenstoffen im Kläranlagenzu-/ablauf

### Belastungs-Kriterien

- Chemische Belastung der KA und Effizienz der aktuellen Technologie in der Arzneimittelentfernung

## 4. Zusätzliche Kläranlagen-Parameter

### Zusätzliche relevante Kriterien

- Ansichten/Ziele verschiedener Interessensgruppen
- Finanzierungsmöglichkeiten für eine 4.RS

Prozess	Technologie	Vorteile	Nachteile
Physikalisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umkehrosmose</li> <li>• Nanofiltration</li> <li>• Mikrofiltration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv für eine große Bandbreite von MV</li> <li>• Effektivität der MV -Entfernung relativ bzw. sehr stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nebenprodukt (Konzentrat) ist problematisch und teuer in der Handhabung</li> <li>• Hoher Energieverbrauch</li> </ul>
Biologisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membran-Bioreaktor (MBR)</li> <li>• Moving-Bed-Biofilm Reaktor (MBBR)</li> <li>• Andere Biofilme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MV werden durch biologischen Abbau und Adsorption an Klärschlamm aus dem Abwasser entfernt (als Überschussschlamm aus dem System entfernt)</li> <li>• Effektivität der MV - Entfernung relativ stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MV-Entfernung ist abhängig von Substrat und Mikrobiengemeinschaft</li> <li>• Umwandlung und Abbau von MV ist nicht ausreichend erforscht (unbekannte Zwischenprodukte)</li> </ul>
Adsorption	<ul style="list-style-type: none"> <li>• granulierte Aktivkohle (GAK)</li> <li>• Pulveraktivkohle (PAK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv für eine große Bandbreite von MV</li> <li>• Effektivität der MV -Entfernung relativ stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßiger Austausch bzw. Regeneration der GAK</li> <li>• Überschussschlammwässerung und -verbrennung nach PAK - Dosierung</li> <li>• Hoher Energiebedarf zur Regeneration von GAK</li> <li>• In Anwesenheit von DOC bzw. TOC ist Adsorption kompetitiv</li> </ul>
Oxidativ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozonierung</li> <li>• UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> <li>• O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozondosierung leicht modifizierbar</li> <li>• Effektivität der MV -Entfernung relativ stabil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unvollständiger Abbau von MV</li> <li>• Hoher Energiebedarf</li> </ul>

DOC – gelöster organischer Kohlenstoff, TOC - gesamter organischer Kohlenstoff, MV - Mikroverunreinigungen

