

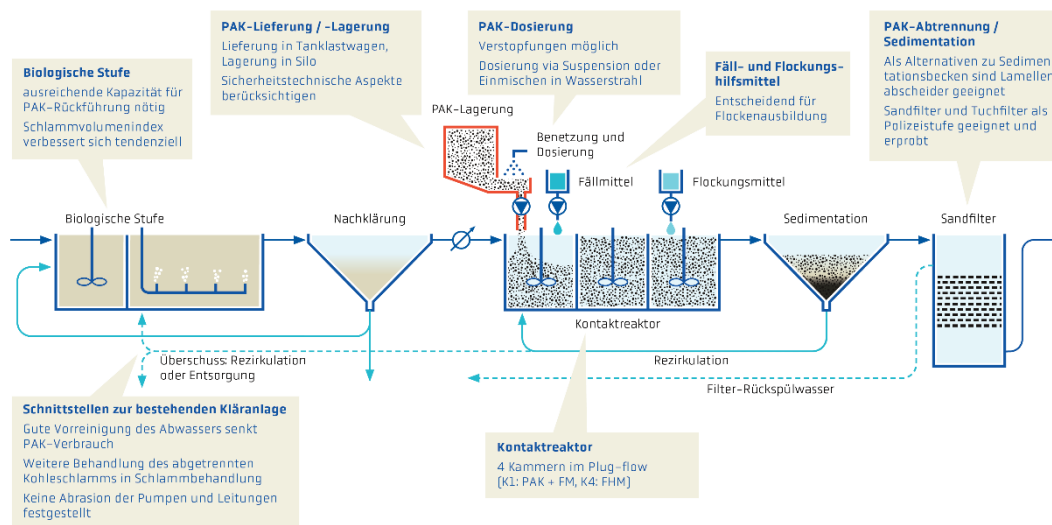
## Faktenblatt

### Aktueller Stand «Ulmerverfahren»

#### Hintergrund

In Deutschland und der Schweiz sind zahlreiche Anlagen nach dem Ulmerverfahren in Betrieb. Diese verfügen teils über mehrjährige Betriebserfahrungen. Es sind auch verschiedenste Publikationen dazu erschienen, z.B. [1], [2], [3], [4], [5] und [6]. Dieses Faktenblatt dokumentiert den aktuellen Stand des Wissens zu diesem Verfahren.

#### Schema



Das Ulmer-Verfahren beinhaltet eine PAK-Dosierung in einen PAK-Reaktor, gefolgt von einer PAK-Sedimentation und einer Filtration. Mehr Informationen zum [Verfahrensbeschreibung](#), zu den [grosstechnischen Umsetzungen](#) in der Schweiz und zur [Messtechnik](#) [7].

#### Stand Verfahren

Das Ulmer-Verfahren ist ein etabliertes Verfahren zur Elimination der Spurenstoffe aus dem kommunalen Abwasser. Es lässt sich stabil betrieben und ist träge. Dies insbesondere aufgrund der hohen Pufferwirkung der PAK im Adsorptionsreaktor und in der biologischen Reinigungsstufe. Denn die beladene PAK wird in die biologische Reinigungsstufe zurückgeführt, und eliminiert dort weitere Spurenstoffe.

Oktober 2022

---

Das Ulmer-Verfahren verfügt über relativ viel Reaktorvolumen, und benötigt insbesondere wegen der Sedimentation und Filtration relativ viel Platz. Für die Kläranlage stellen die Platzverhältnisse eine zentrale Randbedingung für dieses Verfahren dar.

### Auslegung

Für den **Kontaktreaktor** hat sich bei maximalem Zufluss eine Aufenthaltszeit von 30 bis 40 Minuten bewährt, wobei das gesamte Becken-Volumen (z.B. Einmisch-, PAK- und Flockungsreaktor) massgebend ist. Für die Aufenthaltszeit im **PAK-Sedimentationsbecken** genügen etwa 2 bis 2.5 Stunden, wobei es Beispiele für Anlagen mit 1.8 Stunden gibt, die gut funktionieren. Hier ist auch ein etwas kompakterer Lamellenklärer denkbar [8].

In vielen Fällen kommt eine 2-Schicht-Sandfiltration mit 1.2 m – 1.8 m Betthöhe zum Einsatz. Die maximalen Filtergeschwindigkeiten liegen zwischen 10 bis max. 15m/h, wenn alle Filterzellen in Betrieb sind. Alternativ zum Sandfilter ist auch eine Tuchfiltration einsetzbar. Diese benötigt weniger Platz und weniger Bausubstanz. Beide Abtrennverfahren ermöglichen einen hohen PAK-Rückhalt von >99%. [9]

Um Ablagerungen in Dosierleitungen der PAK-Suspension vorzubeugen wird empfohlen, unnötige Leitungswiderstände sowie Stillstandzonen zu vermeiden.

Die Pulveraktivkohle wird in Silos gelagert, deren Anzahl und Grösse von der Auslegung der MV-Stufe und der benötigten PAK-Menge abhängig sind. Grössere Anlagen wie die ARA Schönau und die ARA Thunersee haben zwei Silos und kleinere Anlagen wie die ARA Wetzikon betreiben aus Kostengründen die PAK-Stufe mit einem Silo. Ob ein oder zwei Silos wirtschaftlicher sind, klären die Ingenieure für den jeweiligen Standort in der Planungsphase. Der Vorteil einer Dosierung mit zwei Silos liegt insbesondere bei der höheren Flexibilität bei der Aktivkohlenlieferung, weil der Betreiber eines der beiden Silos komplett leeren kann. Bei der Festlegung der Volumina der Silos muss berücksichtigt werden, dass die eingeblasene PAK während der Befüllung mehr Volumen braucht als PAK im Ruhezustand. Für grössere Anlagen lohnt sich allenfalls eine zweite Dosierstation. So kann weiterhin PAK dosiert werden, auch wenn eine Dosierstation wegen Verstopfungen ausser Betrieb ist.

### Betriebliche Aspekte

- Wir empfehlen aktuell, bei Aktivkohle-Verfahren den Feststoff-Anteil im Ablauf der ARA bei verschiedenen Betriebszuständen sowohl mit GUS- und Trübungsmessungen als auch mit direkten AK-Schlupf-Messungen zu überwachen. Empfohlene Häufigkeit der Aktivkohle-Schlupf-Messung: die Hälfte der Anzahl MV-Proben gemäss GSchV, mindestens zweimal pro Jahr. [9]

- Ergänzend zu den periodischen Aktivkohle-Schlupf-Messungen kann die Kläranlage selber den ungefähren PAK-Verlust ermitteln. Dazu dient die sogenannten Grauwertmethode<sup>1</sup>, welche die Analyse der Farbe der GUS-Filterplättchen beinhaltet. Diese Analyse ist im ARA-Labor einfach durchführbar.
- Das Kernstück der Dosieranlage ist die Waage, weil an dieser Stelle die Dosierung am besten optimiert werden kann. Sie sollte robust sein und eine hohe Genauigkeit aufweisen. Die Dosierung mittels Wasserstrahl-Pumpe hat sich bewährt, wobei eine gute Benetzung der Kohle immer wichtig ist.
- Bezüglich Hydraulik ist wichtig, dass die Dosiersilos auf demselben Niveau und die Dosiereinrichtung nicht zu weit weg sind vom Dosierort.
- Um Ablagerungen der PAK in den Dosierungsleitungen zu minimieren wird eine minimale Fließgeschwindigkeit der PAK-Suspension von 1.5-2 m/s empfohlen. Allfällige Ablagerungen können mit Säure entfernt werden. Die Pumpen sollten vor längerem Stillstand mit Wasser gespült werden. Die PAK-Suspension ist stark alkalisch.
- Die PAK-Dosis beträgt etwa 1 bis 1.5 mg PAK/mg DOC. Das Ulmer-Verfahren ist bezüglich der Ausnutzung der PAK das effizienteste Verfahren. Je nach Kohleprodukt, Abwassermatrix und Dosierstrategie ergeben sich die spezifischen Verbräuche der PAK. Sie können zwischen Anlagen variieren. Im Winter, bei kalten Temperaturen und veränderter Abwasserzusammensetzung, ist generell etwas mehr PAK notwendig.
- Das Verfahren ist aufgrund der grossen PAK-Menge im System sehr robust und kann Zulaufschwankungen des DOC gut ausgleichen. Es ist nicht nötig, die Dosiermenge kurzfristigen Schwankungen anzupassen, dennoch kann die PAK-Dosis bedarfsgerecht angepasst werden.
- Im Kontaktreaktor wird ein PAK-Schlammalter von rund 4-6 Tagen angestrebt. Die Feststoff-Konzentration liegt im Bereich von 1.2 bis 3.5 g/l. Fällmittel wird im vorderen Bereich des Kontaktreaktors zugegeben, und Flockungshilfsmittel im hinteren Bereich des Kontaktreaktors.
- Im Belebtschlamm beträgt der PAK-Anteil rund 5-10%. Dieser Wert ist abhängig vom Schlammalter der biologischen Reinigungsstufe, denn die Überschuss-PAK wird zusammen mit dem Belebtschlamm aus dem System entfernt.
- UV-Messungen bei 254nm im Zu- und Ablauf der MV-Stufe liefern eine gute Orientierung darüber, ob die PAK-Anlage im gewohnten Bereich läuft. Betriebsstörungen lassen sich dadurch gut erkennen. Eine UV-Reduktion zwischen 25-30% korreliert mit einer Spurenstoffeliminationsrate von rund 80%. Diese Korrelation ist aber zu wenig gut, um die PAK-Dosierung danach auszurichten. Das ist auch nicht zwingend notwendig, denn das Ulmerverfahren ist ein relativ träges System. UV-Messungen im Labor sind daher ausreichend. Online-Sonden zeigen aber die Dynamik der Anlage besser auf, sodass der Betreiber seine Anlage besser kennenlernt.
- Gewisse sicherheitstechnische Aspekte sind zu beachten im Umgang mit Pulveraktivkohle. Diese sind in [10] beschrieben.

---

<sup>1</sup> Grauwertmethode: Die neue Methode zur Messung des AK-Schlupfs wurde von der FHNW entwickelt und ermöglicht es dem Betrieb, selbstständig Probenahmen und Analysen durchzuführen. Für den Oktober 22 ist die Veröffentlichung des Schlussberichts geplant.

- Der Wartungsaufwand beläuft sich erfahrungsgemäss auf etwa 3 Stunden pro Woche.

### Offene Fragen

- Veränderungen in der PAK-Dosiermenge werden aufgrund der Trägheit des Systems erst mehrere Wochen später sichtbar. Solche Optimierungen laufen daher über einen längeren Zeitraum. Somit bleibt kaum Spielraum für Versuche, da in regelmässigen Abständen MV-Analysen fällig sind. Ein verlässlicher Ersatzparameter für die Abschätzung des Reinigungseffekts wäre wünschenswert.
- Es gibt noch kein einheitliches Vorgehen für die Qualitätssicherung der PAK-Lieferungen. Es gilt zu beachten, dass die PAK möglichst frei ist von Fremdstoffen. Die Überprüfung des Wassergehalts ist wichtig, wenn sich der Preis auf das Gewicht bezieht.
- Die Messmethode zur Analyse der Aktivkohle-Konzentration im ARA-Auslauf wurde optimiert. [11] Zukünftige Messungen mit der optimierten Methode werden noch genauere Angaben zum Aktivkohle-Rückhalt liefern.

### Eignung für kleine ARA mit weniger als 10'000 Einwohnerwerten

- Das Ulmer-Verfahren weist aufgrund des grossen Reaktorvolumens hohe Investitionskosten auf, sofern keine bestehende Infrastruktur genutzt werden kann.
- Es bietet jedoch einen sehr stabilen Betrieb, was bei kleinen ARA mit grosser Dynamik ein Vorteil ist.
- Verglichen mit der PAK-Dosierung direkt vor einer Sandfiltration bietet es zudem mehr Sicherheit bezüglich PAK-Rückhalt.
- Diese Vor- und Nachteile müssen im Variantenvergleich gegeneinander abgewogen werden.
- Für kleine ARA empfiehlt sich eine einfache, wartungsarme und zuverlässige Messtechnik.

### Fazit

- Das Ulmer-Verfahren ist etabliert und ermöglicht einen stabilen Betrieb.
- Es ist im Einzelfall abzuklären, ob der dafür notwendige Platz vorhanden ist.
- Das Verfahren mit Abtrennung der PAK-Flocken durch Sedimentation und nachfolgender Sand- oder Tuchfiltration erzielt einen hohen Aktivkohle-Rückhalt.

### Weiterführende Literatur

- [1] DWA-M 285-2 (2021) - Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen - Teil 2: Einsatz von Aktivkohle - Verfahrensgrundsätze und Bemessung
- [2] DWA (2016). Aktivkohleeinsatz auf kommunalen Kläranlagen zur Spurenstoffentfernung – Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6 «Aktivkohleeinsatz auf Kläranlagen». KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2016 (63) Nr. 12, S. 1062–1067
- [3] Meckes, J.; Metzger, S.; Kapp, H. (2014): Untersuchung zum Spurenstoffbindungsverhalten von Pulveraktivkohle unter anaeroben Bedingungen. Abschlussbericht
- [4] Weitere Auskünfte erhältlich über <https://koms-bw.de/kontakt/team/>
- [5] Zöllig, H. et al. (2017): PAK-Stufe ARA Herisau. Erste grosstechnische Umsetzung einer PAK-Stufe in der Schweiz – Erfahrungen nach einem Jahr. Aqua & Gas, Nr. 1, S. 14–23
- [6] Bangerter, B. (2019): Elimination von organischen Spurenstoffen Ergebnisse zum 1. Betriebsjahr ARA Thunersee», [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [7] Meier, A. et al. (2018). Neue Messtechnik in der Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen. Skript Fachtagung «Abwassermesstechnik im Zeitalter der Digitalisierung», 8. März 2018. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [8] Wunderlin, P., Meier, A., Grelot, J., et al., VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): «Pulveraktivkohle: Verfahren und Abtrennstufen», [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [9] VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): Aktueller Stand Beurteilung Aktivkohle-Rückhalt – Faktenblatt. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [10] Wunderlin, P. et al., VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2016): Sicherheitsaspekte zum Umgang mit Pulveraktivkohle (PAK) auf Kläranlagen - Faktenblatt, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [11] Schlussbericht FHNW zur Optimierung TGA auf Oktober 2022 geplant