

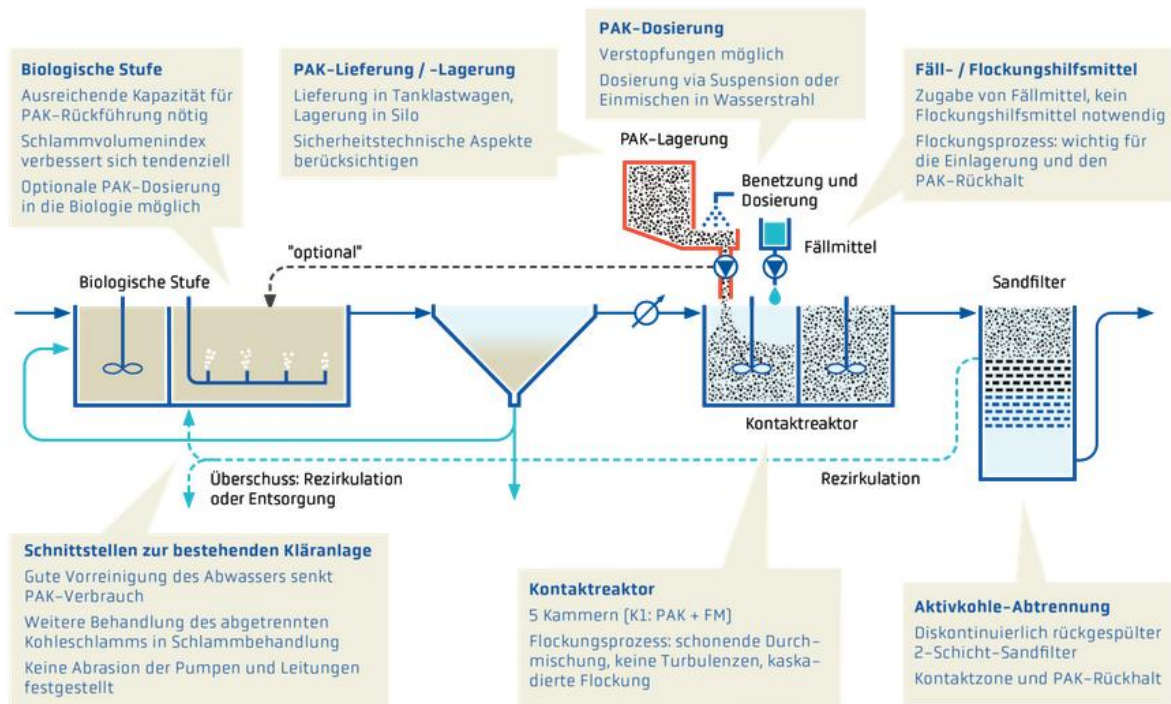
## Faktenblatt

### Aktueller Stand «PAK-Dosierung vor einen Sandfilter»

#### Hintergrund

Erst auf wenigen Kläranlagen ist eine PAK-Dosierung vor den Sandfilter zur Spurenstoffelimination in Betrieb, zahlreiche sind jedoch in Bau oder in Planung. Dieses Faktenblatt dokumentiert den aktuellen Stand des Wissens.

#### Schema



Die PAK-Dosierung vor den Sandfilter benötigt keine zusätzliche Sedimentationsstufe, wie beispielsweise das Ulmer-Verfahren. Die PAK wird dabei zusammen mit dem Fällmittel in den Flockungsreaktor dosiert, eingemischt, geflockt und direkt auf den Sand-Filter geleitet. Die PAK lagert sich auf dem Sand-Filter ein und konzentriert sich auf. Damit der Filter nicht verstopft muss dieser periodisch rückgespült werden. Es wird empfohlen, das PAK-haltige Schlammwasser aus diesen Filterspülungen zurück in die Biologie zu leiten. Die PAK eliminiert dort weitere Spurenstoffe. Mehr Informationen sind in [1] (Kapitel 7.2.2.2 und Anhang A), [2], [3], [4], [5], zum [Verfahrensbeschrieb](#) und zu den [grosstechnischen Umsetzungen sowie zu Pilotversuchen](#) vorhanden.

## Stand Verfahren

Die Dosierung von PAK vor den Sandfilter ist ein etabliertes Verfahren, das gemäss ersten Betriebserfahrungen stabil betrieben werden kann. [6]

## Auslegung

Für den **Kontaktreaktor** hat sich bei maximalem Zufluss eine Aufenthaltszeit von mindestens 15 Minuten bewährt. Zur Abtrennung der PAK kommt eine 2-Schicht-**Sandfiltration** mit 1.8m Betthöhe zum Einsatz. Die maximalen Filtergeschwindigkeiten liegen zwischen 10 bis 15 m/h, wenn alle Filterzellen in Betrieb sind. Die PAK-Abtrennung mittels Sandfiltration ermöglicht gemäss ersten Untersuchungen einen PAK-Rückhalt zwischen 95 und 100%, im Jahresmittel etwa 98%. Mehr Informationen zu den geeigneten Abtrennverfahren sind in [7] verfügbar.

Es hat sich bewährt, die PAK-Flocke schonend zu behandeln und keinen grossen Kräften wie hohen Abstürzen auszusetzen. Bei Turbulenzen werden die PAK Flocken zerkleinert und können im Sandfilter weniger gut zurückgehalten werden.

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. [Mehr Informationen \[8\]](#)

- 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. Bei der PAK-Dosierung vor den Sandfilter empfiehlt sich diese Grobanalyse, da keine PAK-Sedimentation vorhanden ist. Denn der PAK-Schlupf dieses Verfahrens reagiert sensibler auf hydraulische Stösse als Verfahren mit Sedimentation.
- Da der Sandfilter sowohl als PAK-Kontaktreaktor als auch als PAK-Abtrennstufe dient, ist ein optimaler Filter-Betrieb sehr wichtig. Das Ziel ist, möglichst stabile Filtergeschwindigkeiten und möglichst wenige Sprünge in der hydraulischen Belastung zu erzeugen, da diese Trübungsspitzen und folglich auch erhöhten PAK-Schlupf auslösen.
- Es empfiehlt sich, den Betrieb des Sandfilters auf den PAK-Rückhalt zu optimieren. Dies geschieht über die Rückspül-Häufigkeit. Dabei kann die Auslösung einer Filterspülung beispielsweise über eine berechnete maximale PAK-Fracht pro Filterzelle erfolgen. Diese maximal PAK-Fracht wird aus Erfahrungswerten ermittelt. Eine geringe PAK-Beladung verursacht tiefere Trübungsspitzen. Das Ziel dieser Strategie ist, durch eine frühzeitige Filterspülung einem erhöhten PAK-Schlupf vorzubeugen. Trübungssonden schlagen zu spät an, wenn der PAK-Verlust bereits erhöht ist.
- Das Kernstück der Dosieranlage ist die Waage, weil an dieser Stelle die Dosierung am besten optimiert werden kann. Die Dosierung mittels Wasserstrahl-Pumpe hat sich bewährt, wobei eine gute Benetzung der Kohle immer wichtig ist.
- 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 lassen sich mit Säure entfernen. Die Pumpen sollten vor längerem Stillstand mit Wasser gespült werden. Die PAK-Suspension ist stark alkalisch.
- Die PAK-Dosis beträgt bei den ersten Anlagen bisher etwa 1.3 bis 2.3 mgPAK/mg DOC. Je nach Kohleprodukt kann bis zu einer doppelt so grossen PAK-Dosis notwendig sein, um dieselbe Reinigungsleistung zu erreichen. Ein Wechsel des Kohleprodukts bedingt somit eine Anpassung der Dosiermenge. Für einen optimalen PAK-Rückhalt eignen sich bei diesem Verfahren speziell Produkte mit hoher Leistung, die eine tiefe Dosierung erlauben. Im Winter, bei kalten Temperaturen und veränderter Abwasserzusammensetzung, ist generell etwas mehr PAK notwendig.
- Das Fällmittel ist möglichst nahe bei der PAK-Dosierstelle zuzugeben. Auf diese Weise kann sich die PAK-Flocke optimal ausbilden.
- Bei Anlagen mit PAK-Rückführung in die Biologie beträgt der PAK-Anteil im Belebtschlamm gut 10%.
- Bei acht der zwölf Leitsubstanzen erfolgt die stärkste Elimination im Kontaktreaktor. Bei Candesartan ist der Sandfilter dominierend bei der Elimination. [6]
- 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

---

<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.

Oktober 2022

Spurenstoffeliminationsrate von rund 80%. Diese Korrelation ist aber zu wenig gut, um die PAK-Dosierung danach auszurichten. Die Korrelation der UV-Abnahme zu den MV-Eliminationen ist nicht hoch. UV-Sonden sind nicht zwingend nötig, jedoch werden Labormessungen des UV-Signals bei 254nm empfohlen.

- Gewisse sicherheitstechnische Aspekte sind zu beachten im Umgang mit Pulveraktivkohle. Diese sind in [9] beschrieben.
- 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 von Fremdstoffen ist. 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. [10] Zukünftige Messungen mit der optimierten Methode werden noch genauere Angaben zum Aktivkohle-Rückhalt liefern und können selber im ARA-eigenen Labor durchgeführt werden.

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

- Die PAK-Dosierung vor eine Sandfiltration benötigt im Vergleich zum Ulmer-Verfahren keine Sedimentation, was sich positiv auf die Investitionskosten auswirkt.
- Da auf die Sedimentation verzichtet wird, ist jedoch weniger Sicherheit bezüglich PAK-Rückhalt vorhanden, was einen erhöhten Überwachungs-Aufwand bedingt.
- Diese Vor- und Nachteile werden im Variantenvergleich gegeneinander abgewogen.
- Für kleine ARA empfiehlt sich eine einfache, wartungsarme und zuverlässige Messtechnik.

#### Fazit

- Das Verfahren PAK-Dosierung vor eine Sandfiltration ist etabliert und ermöglicht einen stabilen Betrieb.
- Ein optimierter PAK-Rückhalt ist wichtig, da keine PAK-Sedimentation vorhanden ist und die Sandfiltration die einzige Abtrennungsstufe darstellt. Es empfiehlt sich, den Filterbetrieb auf einen minimalen PAK-Schlupf zu optimieren und hydraulische Stösse zu vermeiden resp. zu verringern.

### Weiterführende Literatur

- [1] DWA-M 285 (2021) Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen - Teil 2: Einsatz von Aktivkohle - Verfahrensgrundsätze und Bemessung – September 2021
- [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] Böhler et al. (2011). Aktivkohledosierung in den Zulauf zur Sandfiltration Kläranlage Kloten/Opfikon. Eawag. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [4] Löwenberg, J. et al. (2016): Forschungsprojekt «Aktifilt»: Elimination von Mikroverunreinigungen mittels PAK-Dosierung im Zulauf der Raumfiltration. Aqua & Gas, Nr. 1, S. 36–43
- [5] Meckes, J.; Metzger, S.; Kapp, H. (2014): Untersuchung zum Spurenstoffbindungsverhalten von Pulveraktivkohle unter anaeroben Bedingungen. Abschlussbericht
- [6] Klaus, Th., Wittmer, A., (2021): PAK-Dosierung vor der Sandfiltration. Aqua und Gas 12/21, Seiten 40 – 43.
- [7] Wunderlin, P., Meier, A., Grelot, J., et al., VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): «Pulveraktivkohle: Verfahren und Abtrennstufen», [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [8] VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): Aktueller Stand Beurteilung Aktivkohle-Rückhalt – Faktenblatt. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [9] 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)
- [10] Schlussbericht FHNW zur Optimierung TGA auf Oktober 2022 geplant