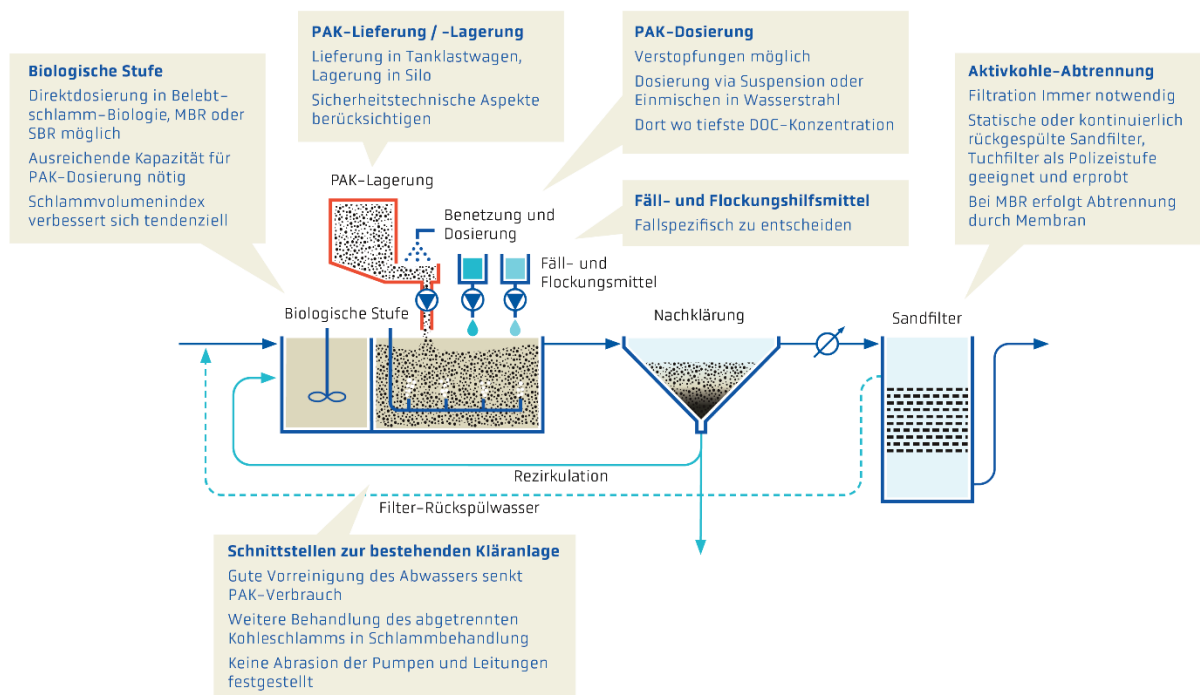


Faktenblatt - Aktueller Stand PAK-Dosierung in die biologische Stufe

Hintergrund

Es ist bisher eine grosstechnische Anlage mit Dosierung von Pulveraktivkohle (PAK) in eine Belebtschlammbiologie in Betrieb. Zudem sind Anlagen zur Dosierung von PAK in einen Membranbioreaktor geplant. Dieses Faktenblatt dokumentiert den aktuellen Stand des Wissens. Der Fokus liegt dabei auf der PAK-Dosierung in die Belebtschlamm-Biologie, weil dazu bereits gute Grundlagen in [1], [2], [3], [4], [5] und Daten einer grosstechnischen Umsetzung [6] vorliegen.

Schema



Bei diesem Verfahren wird PAK direkt in die biologische Stufe dosiert, entweder in eine konventionelle Belebtschlamm-Biologie oder in eine Membranbiologie (MBR). Erfolgt die PAK-Dosierung in eine konventionelle Belebtschlamm-Biologie, ist eine zusätzliche Sand- oder Tuchfiltration notwendig. Dies, um den PAK-Verlust im Kläranlagen-Ablauf zu minimieren [7].

Hier gibt es mehr Informationen zum [Verfahrensbeschrieb](#) und zu den [grosstechnischen Umsetzungen](#).

Stand Verfahren

Die Dosierung in die Belebtschlamm-Biologie ist ein etabliertes Verfahren, das stabil betrieben werden kann. Zur Dosierung in MBR sind noch etwas weniger Grundlagen vorhanden, weshalb es als Verfahren «auf dem Weg zum Standardverfahren» eingestuft wird.

Auslegung

Die PAK wird im hinteren Bereich der Biologie dosiert, wo ein bedeutender Teil der organischen Stoffe bereits eliminiert wurde. Eine **Kontaktzeit** von 30 min hat sich bewährt. Für die Aufenthaltszeit im **Sedimentationsbecken** genügen etwa 2 bis 2.5 Stunden.

Das Verfahren ist insbesondere für kleinere und mittelgrosse Kläranlagen bei knappen Platzverhältnissen eine gute Verfahrensalternative. Wichtige Voraussetzung dafür ist ein geeignetes biologisches Reinigungsverfahren mit genügend Reservekapazität. Im Vergleich zu den nachgeschalteten PAK-Verfahren sind die Investitionskosten tiefer. Die Betriebskosten liegen tendenziell höher, als bei einer nachgeschalteten PAK-Stufe (z.B. PAK-Dosierung vor den Sandfilter). Dies, weil die PAK-Dosierung in die Biologie tendenziell mehr Aktivkohle benötigt für die gleiche Reinigungsleistung.

Um Ablagerungen in Dosierleitungen der PAK-Suspension vorzubeugen wird empfohlen, unnötige Leitungswiderstände sowie Stillstandzonen zu vermeiden. Anstelle von Rohren eignen sich auch Schläuche. Dabei hat sich eine eigene Brauchwasser-Pumpe und -Leitung für die PAK bewährt. Ansonsten können Störungen in Form von Druckschwankungen oder unbeständigen Wassermengen entstehen, wenn das Treibwasser mit der Brauchwasseranlage gekoppelt ist. Kleinere Druckschwankungen bei der Dosierung beugen Verstopfungen vor, weil sich dadurch die Schläuche ausdehnen und zusammenziehen.

Die Zugabe von PAK, Fäll- und Flockungshilfsmittel am gleichen Ort (etwa im Umkreis von einem Meter) hat sich bewährt.

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 sogenannte Grauwertmethode¹, welche die Analyse der Farbe der GUS-Filterplättchen beinhaltet. Diese Analyse ist im ARA-Labor einfach durchführbar.
- Es ist wichtig, dass die biologische Reinigungsstufe Kapazitätsreserven aufweist, da die PAK den Trockensubstanz (TS)-Gehalt erhöht. Der Anteil von PAK im Belebtschlamm beträgt etwa 18% und entspricht ca. 0.5g TS/L. Die Online-Überwachung des Schlammalters mit einer TS-Sonde im Belebungsbecken und einer TS-Sonde im Überschussschlamm hat sich bewährt.
- Der Rücklaufschlamm sollte so schnell wie möglich wieder in die Biologie zurückgepumpt werden. Es ist wichtig, dass die PAK-Suspension mit dem Schlamm in die biologische Reinigungsstufe gelangt. In der Nachklärung bleibt der Schlamm und somit die PAK liegen und kommt so nicht in Kontakt mit den Spurenstoffen. Daher sollte der Schlamm nicht zu lange in der Nachklärung verweilen. Der Schlamm Spiegel in den Nachklärbecken ist ungefähr einmal pro Woche zu überwachen.
- Bei Regen hat sich bewährt, den Überschussschlamm-Abzug zu unterbrechen und die interne Rezirkulation in der Biologie zu erhöhen. Dadurch verbleibt die PAK länger im System. Das ist nur während einer begrenzten Zeitdauer möglich, weil die Feststoffe sonst zu stark akkumulieren. Diese Zeitdauer hängt von der Dauer und Intensität des Regenereignisses ab und ist aufgrund des Schlammalters und des TS in der Biologie festzulegen.
- 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 wichtig ist. Für eine genaue Dosierung sind regelmässige Überwachung und Kalibrierungen wichtig.
- Um PAK-Ablagerungen 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-Dosis beträgt etwa 2.5-3 mg PAK/mg DOC. Je nach Kohleprodukt kann diese spezifische Dosis deutlich höher liegen. Ein Wechsel des Kohleproduktes bedingt somit eine Anpassung der Dosiermenge. Bei Membran-Biologien ist die PAK-Dosis tendenziell geringer. Es gibt aber noch wenige Daten aus grosstechnischen Anlagen. Im Winter, bei kalten Temperaturen und veränderter Abwasserzusammensetzung, ist generell etwas mehr PAK notwendig.

¹ 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

- Das Verfahren ist aufgrund der grossen PAK-Menge im System sehr träge und kann Zulaufschwankungen des DOC gut ausgleichen. Es ist nicht nötig, die Dosiermenge kurzfristigen Zulauf-Schwankungen (z.B. bei Regenwetter) anzupassen.
- Gewisse sicherheitstechnische Aspekte sind zu beachten im Umgang mit Pulveraktivkohle. Diese sind in [9] beschrieben.
- Der Wartungsaufwand beläuft sich erfahrungsgemäss bei einer mittelgrossen Kläranlage auf etwa 2-3 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. Interessant wäre ein Abstellversuch: Wie lange dauert es, nachdem die Dosierung gestoppt wird, bis die Leistung der Anlage bezüglich Spurenstoffelimination sinkt?
- Bei anderen PAK-Verfahren werden UV-Messungen bei 254nm im Zu- und Ablauf der MV-Stufe verwendet, um eine Orientierung darüber zu geben, ob die PAK-Anlage im gewohnten Bereich läuft. UV-Sonden im Zulauf zur Biologie liefern keine zuverlässigen Messwerte. Somit fehlt aktuell noch ein geeigneter online Parameter, der als Ersatzparameter oder zumindest als Anhaltspunkt für die Reinigungsleistung verwendet werden könnte.
- 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. [10] Zukünftige Messungen mit der optimierten Methode werden noch genauere Angaben zum Aktivkohle-Rückhalt liefern.

Eignung für kleine ARA mit weniger als 10'000 Einwohnerwerten

- Die Dosierung direkt in die Biologie eignet sich gut für kleine ARA, vor allem, wenn sie wenig Platzreserven haben und wenn sie bereits über eine Belebtschlamm-Biologie mit Schlussfiltration oder über eine Membranbiologie verfügen.
- Für kleine ARA empfiehlt sich eine einfache, wartungsarme und zuverlässige Messtechnik.

Fazit

- Die PAK-Dosierung in eine Belebtschlamm-Biologie ist etabliert und ermöglicht einen stabilen Anlagen-Betrieb.
- Die Dosierung von PAK in einen Membranbioreaktor ist auf dem Weg zum Standardverfahren.
- Es fallen vergleichsweise tiefe Investitionskosten an. Im Vergleich mit dem Ulmer-Verfahren oder der PAK-Dosierung vor den Filter, ist jedoch mit höheren Betriebskosten zu rechnen, aufgrund des höheren PAK-Verbrauchs im Bereich von 2.5-3 mg PAK/mg DOC.
- Es sind Kapazitätsreserven in der biologischen Reinigungsstufe notwendig.
- Das Verfahren erzielt einen hohen Aktivkohle-Rückhalt, weil die Schlammflocken die PAK einbinden. Die Schlussfiltration mittels Sand- oder Tuchfilter reduzieren den PAK-Verlust zusätzlich. In einer Membranbiologie wird die PAK effizient zurückgehalten.

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] Frank, K., Thomann, M., Obrecht, J., Sobaszkievicz, M., Boller, M., Freisler, P. (2015): Schlussbericht PAK im Belebtschlammbecken – Elimination von Mikroverunreinigungen in der ARA mit Pulveraktivkohle im Belebtschlammbecken. www.micropoll.ch.
- [5] Obrecht J., Thomann, M., Stoll J.M., Frank, K., Sobaszkievicz, M., Boller, M., Freisler P. (2015): PAK-Dosierung ins Belebungsverfahren – Alternative zur nachgeschalteten Pulveraktivkohleadsorption. Aqua & Gas No°2, S. 20 – 32, www.micropoll.ch.
- [6] Unkan N., Bhend, T., Obrecht, J., Liechti K. (2021): PAK-Direktdosierung ins Belebungsbecken – Betriebserfahrung mit grosstechnischer Anlage. Aqua & Gas No° 4, S. 66-71, www.micropoll.ch.
- [7] Wunderlin, P., Meier, A., Grelot, J., et al., VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): «Pulveraktivkohle: Verfahren und Abtrennstufen», www.micropoll.ch
- [8] VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» (2019): Aktueller Stand Beurteilung Aktivkohle-Rückhalt – Faktenblatt. 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
- [10] Schlussbericht FHNW zur Optimierung TGA auf Oktober 2022 geplant