

Faktenblatt - Aktueller Stand GAK im Schwebebett

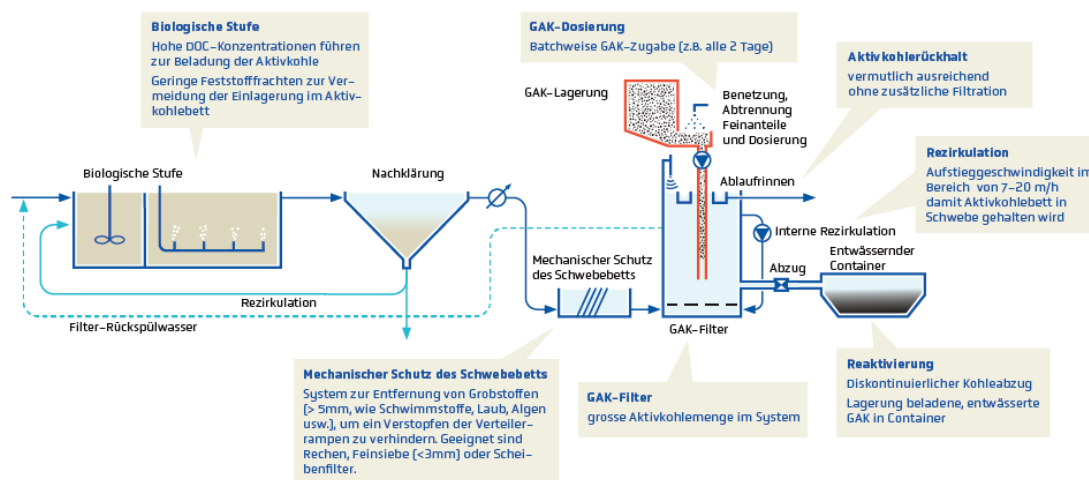
Dieses Dokument fasst den aktuellen Stand des Verfahrens mit granulierter Aktivkohle (GAK) im Schwebebett zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf ARA zusammen. Der Inhalt basiert grösstenteils auf den Erfahrungen der ARA Penthaz und den Ergebnissen eines Workshops, der am 20. Dezember 2021 mit verschiedenen Teilnehmern und Teilnehmerinnen abgehalten wurde:

- Ingenieure: Albers S. (CSD), Baggenstos M. (Hunziker), Casazza R. (Triform), Le Goaziou Y. (BG), Horisberger M. (Triform), Lambert M. (CSD), Margot J. (RWB), Rieck T. (Gujer), Schneider L. (Holinger)
- Ausrüster: Fleiner J. (Techfina), Morgado A. (Stereau), Zöllig H. (Wabag)
- Forschung: Joss A. (Eawag), Thomann M. (FHNW)
- Bundesamt für Umwelt: Liebich C. (Sektion Gewässerschutz)
- VSA: Brander A., Eugster F., Tamà N. (Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen")

Hintergrund

Bisher sind in der Schweiz zwei Anlagen mit GAK im Schwebebett in Betrieb – auf der ARA Penthaz ([1] und [2]) und auf der ARA Delémont. Elf weitere Projekte befinden sich in der Planungs- oder Bauphase. Daher verfügen wir erst über begrenzte Kenntnisse zur Dimensionierung und zum Betrieb dieses Verfahrens in der Schweiz. Dieses Faktenblatt stellt den aktuellen Stand der Erfahrungen dar und wird aktualisiert, sobald mehr Informationen verfügbar sind. Die dargestellten Kennzahlen beziehen sich auf das CarboPlus®-Verfahren (SAUR/STEREAU). Diese können sich für andere Systeme ändern und sollten nicht miteinander vermischt werden. Andere Versionen dieses Verfahrens befinden sich noch in der Pilotphase.

Schema



Der Reaktor mit GAK im Schwebbett wird nach der biologischen Behandlung installiert, genauer gesagt nach der Nachklärung. Weitere Informationen über die [Beschreibung des Verfahrens](#) und die [grosstechnischen Realisierungen](#) mit dem Datum der Inbetriebnahme sind auf der Website der Plattform (www.micropoll.ch) verfügbar.

Zustand des Verfahrens

GAK im Schwebbett ist ein passendes Verfahren zur Behandlung von Mikroverunreinigungen im Abwasser. Es wird in der Schweiz immer häufiger eingesetzt. Das Verfahren ist derzeit auf zwei Kläranlagen in Betrieb und auf mehreren anderen Anlagen in der Testphase. Es ist somit auf dem Weg zum Standardverfahren.

Dimensionierung basierend auf den Erfahrungen der ARA Penthaz

Die wichtigsten Parameter für die Dimensionierung der Reaktoren sind die Durchflussgeschwindigkeit, die Menge an Kohle im Schwebbett und das Management der Kohleinjektionen und -extraktionen. Die ARA Penthaz hat 12'000 angeschlossene Einwohner und ist für 15'000 EW ausgelegt. Die Erfahrung auf dieser ARA zeigt, dass die Aktivkohle im Reaktor mit einer Strömungsgeschwindigkeit zwischen 7 und 17 m/h in Schwebbett gehalten wird. Diese Geschwindigkeit hängt von der verwendeten Kohle ab. Aufgrund ihrer spezifischen Dichte und ihrer durchschnittlichen Korngrösse von ca. 0,5 mm bleibt die GAK aufgrund der Schwerkraft im Kontaktreaktor. Die Betthöhe liegt zwischen 1,5 - 1,7 m im Ruhezustand und 2,0 - 2,6 m in Expansion. Für den Vergleich verschiedener Projekte ist die Höhe des Bettes im Ruhezustand besser geeignet. Die Kontaktzeit mit dem Schwebbett im Ruhezustand beträgt fünf bis fünfzehn Minuten. Dieser Wertebereich wurde noch nicht eingehend untersucht. Er wird nur als Indikator zum Vergleich mit anderen Verfahren verwendet und nicht als Bemessungswert. Die Kontaktzeit wird nämlich nach demselben Prinzip berechnet wie die Empty Bed Contact Time (EBCT) für den GAK-Filter. Sie hängt von der Durchflussgeschwindigkeit und der Höhe der Bettausdehnung ab, was eine grössere Variabilität bedeutet. Ebenso muss die Abhängigkeit zwischen der Elimination von Mikroverunreinigungen und der Kontaktzeit noch genauer untersucht werden.

Die optimale Anzahl und Grösse der Zellen wird von Fall zu Fall festgelegt. Dies hängt unter anderem von der Grundfläche, den Gebäudeabmessungen und den Kosten ab. Ausserdem kann je nach Voraussetzung eine interne Rezirkulation vermieden werden.

Ein mechanischer Schutz vor dem Reaktor wird stark empfohlen, weil er verhindert, dass Grobstoffe in das Schwebbett gelangen. Dieser Schritt ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, wenn das vorgeschaltete System und die Anordnung der Bauwerke sicherstellen, dass keine Grobstoffe in den zu behandelnden Abwasserstrom gelangen können. Blätter, Algen oder andere Abfälle können sich in den Kanälen beim Ablauf der biologischen Behandlung ansammeln und die Verteilerrampen des Schwebbetts verstopfen. Es gibt mehrere Möglichkeiten für diesen mechanischen Schutz: verschiedene Arten von Fein- oder Siebrechen (<3mm) (wie auf der ARA Delémont installiert), oder zum Beispiel Scheibenfilter (auf der ARA Penthaz im Einsatz).

Aspekte des Betriebs

- Frische Aktivkohle wird in regelmässigen Abständen, z. B. einmal pro Tag, batchweise in den Reaktor gegeben. Die zugegebene Menge kann je nach Bedarf variieren und hängt insbesondere von der Durchflussmenge ab, die in den letzten 24 Stunden in der Anlage gereinigt wurde. Bei der Zugabe von Frischkohle ist darauf zu achten, dass die feinen Partikel vorher abgeschieden werden, damit sie nicht in das Schwebbett gelangen. Die durchschnittliche Verweildauer der CarboPlus Aktivkohle im System beträgt etwa 100 bis 200 Tage, variiert aber je nach zu behandelndem Durchfluss und der eingesetzten GAK-Dosierung. Auf der ARA Penthaz kann das effektive Alter der Kohle bis zu 300 Tage betragen. Die Entnahme der verbrauchten Aktivkohle aus dem Reaktor erfolgt diskontinuierlich. Diese verbrauchte, mit Mikroverunreinigungen beladene Aktivkohle wird in einem Entwässerungsbehälter gelagert, bevor sie zur Reaktivierung entnommen wird. Bei der Reaktivierung geht ein Teil der GAK verloren. Somit muss frische GAK nachgefüllt werden. Die Menge, die nachgefüllt werden muss, wird als "Make-up-Menge" bezeichnet. Sie hängt von der Art der GAK ab und kann variieren. Im Fall von Penthaz gibt der Lieferant einen Make-up-Anteil von 10 % an, was bedeutet, dass die GAK etwa 10 Mal recycelt werden kann.
- Wir empfehlen derzeit, den Feststoffanteil im Ablauf von ARA mit Aktivkohlebehandlung unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu überwachen. Dazu können Feststoff- und Trübungsmessungen sowie die direkte Messung des AK-Verlusts verwendet werden. Auf der Kläranlage Penthaz scheint der Aktivkohle-Rückhalt bisher ausreichend zu sein und eine zusätzliche Filtration ist nicht erforderlich. Diese ARA hat niedrige Feststoffkonzentrationen < 5mg/L im Zulauf zum GAK-System. Sind diese höher, ist eine grössere Ausdehnung des Aktivkohlebetts möglich. Wenn die Betthöhe nicht reduziert wird, kann dies zu Aktivkohleverlusten im Auslauf führen. Daher ist eine kontinuierliche Überwachung der Höhe des Aktivkohlebetts erforderlich und AK-Messungen im Auslauf sollten häufiger durchgeführt werden. Weitere Informationen sind in einem [Faktenblatt](#) [3] verfügbar.
- Eine hohe Konzentration von Feststoffen im Ablauf der biologischen Behandlung führt zu deren Ansammlung im Aktivkohlebett und zu einer Erhöhung der Betthöhe. Als Folge davon wird AK entfernt, um die Betthöhe zu verringern, was sich nachteilig auf die Reinigungsleistung des Verfahrens auswirken kann. Es ist möglich, die Ansammlung von Feststoffen im Aktivkohlebett mithilfe einer monatlichen, routinemässigen Wasserspülung zu begrenzen. Es wird daher empfohlen, Möglichkeiten für Wasserspülungen vorzusehen, die vorbeugend oder je nach Betthöhe ausgelöst werden.
- Nach den ersten Erfahrungen der ARA Penthaz liegt die AK-Dosis bei etwa 2 g CA/g DOC. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier nur sechs jährliche DOC-Analysen existieren, was nicht sehr repräsentativ ist und bei der Interpretation dieser Dosis berücksichtigt werden muss. Es sind mehr Experimente erforderlich, um Schlussfolgerungen zu ziehen. Darüber hinaus beeinflussen auch die Art der GAK, die Abwassermatrix und die Dosierungsstrategie den spezifischen GAK-Verbrauch, der von Anlage zu Anlage variieren kann.
- UV-Sonden, die bei der Wellenlänge 254 nm messen, können beim Zu- und Ablauf der Spurenstoffstufe installiert werden. Sie bieten einen guten Anhaltspunkt dafür, ob die Anlage im üblichen Bereich arbeitet, und zwar anhand des Delta-UV-Wertes [4]. Dieser hilft in der Regel, Störungen zu erkennen und die Dosierung anzupassen. Die bisherigen Erfahrungen zeigen jedoch, dass es noch nicht möglich ist, anhand dieser Werte eine exakte Dosierung der

AK einzustellen. Es sind weitere, gründlichere Tests erforderlich, um das Potenzial dieser Sonden zu bestimmen. Es wird empfohlen, die Anzahl und den Einsatz von UV-Sonden in der Planungsphase zu diskutieren und sich die Auswirkungen auf den Betrieb zu überlegen.

- Basierend auf den Erfahrungen der ARA Penthaz wurden folgende Feststellungen gemacht:
 - Es ist wichtig, die Häufigkeit und das Volumen der AK-Batches bei Regenwetter zu überwachen und gegebenenfalls anzupassen, um nicht mit der AK-Dosierung "hinterherzuhinken".
 - Bei manuellen Dosierungskorrekturen infolge einer Verringerung der UV-Reduktion kann die Reaktionszeit bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichtszustands relativ lang sein: Erfahrungsgemäss benötigt der Betreiber etwa eine Woche, um zu reagieren. Das Delta-UV könnte auch als Regelgrösse integriert werden. Der Einfluss dieser Massnahme auf die Reaktionszeit wurde jedoch nicht untersucht. Dies könnte für ARA mit starken Schwankungen der Abwasserzusammensetzung zum Beispiel aufgrund industrieller Einträge interessant sein.
 - Erste Erfahrungen zeigen, dass es sinnvoll sein kann, vorbeugende Massnahmen auf vorausgesagte Regenperioden oder Perioden mit hohen Abflüssen zu treffen. Dies ist zum Beispiel während der Schneeschmelze, in Monaten mit hohen Niederschlagsmengen oder bei kalten Abwassertemperaturen der Fall. So ist je nach Voraussetzungen eine vorbeugende Erhöhung der Dosierung und/oder der Höhe des Kohlebetts im Winter sinnvoll.
 - Optimierungsmöglichkeiten bestehen darin, die Dosierung anzupassen oder die Betthöhe über einen längeren Zeitraum zu verändern.
- Wenn die Einleitungsbedingungen eine zusätzliche Phosphoreliminierung erfordern, muss diese über eine separate Filtration entweder vor oder nach dem GAK im Schwebebett erfolgen. Eine nachgeschaltete Filtration ist zu bevorzugen. Dadurch wird ein Qualitätsverlust des GAK aufgrund der Ansammlung von Fällmitteln auf der Kohle vermieden. Das Schwebebett selbst hat lediglich einen geringen Filtereffekt.
- Die Sicherheitsaspekte bei der Verwendung von Pulveraktivkohle werden in [5] beschrieben und können zum Teil auch auf diesen Prozess übertragen werden. Die Sicherheitsanforderungen (Ex Schutz) sind jedoch weniger hoch als bei Pulveraktivkohleverfahren. Dies liegt daran, dass die Menge an Staub, die in der Luft schwebt und ein Explosionsrisiko darstellt, geringer ist.
- Erfahrungsgemäss beträgt der Zeitaufwand für die Wartung/Überwachung etwa eine Stunde pro Woche. Die Höhe des ruhenden Kohlebetts sollte etwa einmal pro Woche kontrolliert werden. Die Kontrolle der Höhe des expandierenden Kohlebetts sollte mit verschiedenen Expansionsgeschwindigkeiten durchgeführt werden. Diese Messungen können automatisiert werden. Bei der ARA Penthaz muss das Silo (25 m³) etwa 3-4 Mal pro Jahr gefüllt werden, was etwa einen Vormittag in Anspruch nimmt.
- Die Verwendung eines einzigen Dosiersystems (Vorbereitung, Benetzung, Hydroinjektor) wie auf der ARA Penthaz ermöglicht keine redundante Zugabe der Aktivkohle-Batches. Die Resilienz des Systems ist jedoch gross (grosse Masse an GAK in den Reaktoren) und der Unterbruch der Dosierung für einen begrenzten Zeitraum wirkt sich nicht stark auf die Abbauraten der Mikroverunreinigungen aus.

- Das Verfahren GAK im Schwebbett eignet sich im Vergleich zur Ozonung und zu PAK-Verfahren besser für kleine Kläranlagen mit weniger als 10'000 Einwohnergleichwerten, denn für diese ARA sind ein hoher Automatisierungsgrad zur Minimierung der Personalkosten und möglichst wenig unvorhersehbare Ereignisse wichtig. Im Vergleich zu statischen GAK-Filtern ermöglicht das System auch eine flexiblere Anpassung an die Abwasserzusammensetzung durch die Änderung der Dosiermenge und des Alters der Kohle in den Zellen – und das mit vergleichsweise tiefen Betriebskosten. Statische GAK-Filter sind jedoch aufgrund ihrer Einfachheit, des geringeren Risikos bezüglich Arbeitssicherheit und der geringen Wartungskosten die beste Lösung für kleine Kläranlagen. Da das Verfahren GAK im Schwebbett bisher jedoch nur auf zwei Anlagen eingesetzt wird, könnten zukünftige Erfahrungen diese Einschätzung ändern.
- Die Pilotversuche auf der ARA SITSE mit einem OPACARB FL von OTV/VEOLIA beinhalten ein ähnliches Verfahren, das höhere Geschwindigkeiten (20 bis 40 m/h) ermöglicht als das auf der ARA Penthaz eingesetzte Verfahren. Aufgrund eines anderen Kohle-Produkts und einer veränderten Dimensionierung können diese Geschwindigkeiten erreicht werden. Vor dem Ablauf befinden sich bei diesem Verfahren zusätzlich Lamellen, um die Feinkohle zurückzuhalten. Dank der höheren Geschwindigkeit und der damit verbundenen stärkeren Fluidisierung der Aktivkohle bleiben die Feststoffe weniger im Aktivkohlebett hängen, was die Anzahl der Rückspülungen reduziert. Die Ergebnisse dieser Versuche werden Ende 2022 veröffentlicht.

Offene Fragen

- Es gibt nur wenige Anbieter von AK für dieses Verfahren. Daher besteht in Zukunft eine Unsicherheit bei der Wahl des AK-Produkts. Zudem fehlen Erfahrungen mit GAK aus erneuerbaren Rohstoffen - es liegen derzeit nur Erkenntnisse mit fossiler AK vor. Das verwendete Produkt "microGAK" mit eingeschränkter Korngrösse ist ein Spezialprodukt, das auf den Abwasser- und Trinkwassermarkt zugeschnitten ist. Die Dimensionierung der ARA Penthaz, die in diesem Datenblatt behandelt wurde, bezieht sich somit auf ein spezielles Produkt.
- Es gibt noch kein einheitliches Verfahren für die Qualitätssicherung von AK-Lieferungen, was ein betriebliches und wirtschaftliches Risiko darstellt.
- Es konnte noch nicht abschliessend geklärt werden, ob der AK-Rückhalt bei diesem Verfahren ohne anschliessende Filtration ausreichend ist. Kann eine sorgfältige Vorwäsche der Aktivkohle den AK-Verlust verringern? Die Methode zur Analyse der Aktivkohlekonzentration am Auslauf der ARA wurde optimiert [6]. Zukünftige Messungen mit dieser werden noch genauere Daten zum Rückhalt der Aktivkohle liefern.
- Die Skalierung von kleinen auf grosse Anlagen erfordert Anpassungen. Unsicherheiten und Risiken müssen berücksichtigt werden. Die bisher gesammelten Betriebserfahrungen liegen nur für eine kleine Anlage vor.
- Es fehlen noch Langzeiterfahrungen über den Betrieb bei Regenwetter und generell über Steuer- und Regelstrategien.

Schlussfolgerungen

- GAK im Schwebebett ist eine Verfahrensvariante, die immer häufiger eingesetzt wird.
- Die ersten Erfahrungen aus dem Betrieb der ARA Penthaz sind vielversprechend.
- Es gibt noch mehrere offene Fragen, die bei den nächsten Umsetzungen oder im Rahmen eines Forschungsprojekts gezielt angegangen werden sollen.
- Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Filtration sollte durch weitere Aktivkohle-Messungen im ARA-Ablauf mit der optimierten Methode überprüft werden.

Literatur

- [1] Grelot, J., Horisberger, M., Casazza, R. (2021) : Elimination des micropolluants par CAG en lit fluidisé – expériences d'exploitation de la STEP de Penthaz. Aqua et Gas, 01/21, www.micropoll.ch.
- [2] Horisberger, M., Casazza, R. (2018) : Essais pilotes – charbon actif en grain en lit fluidisé – procédé CarboPlus® : rapport final, www.micropoll.ch.
- [3] VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" (2019) : Aktueller Stand Beurteilung Aktivkohle-Rückhalt. Faktenblatt des VSA. www.micropoll.ch.
- [4] VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" (2018) : Erfahrungen mit UV/VIS-Sonden zur Überwachung der Spurenstoffelimination auf Kläranlagen. www.micropoll.ch
- [5] VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" (2016) : Sicherheitsaspekte zum Umgang mit Pulveraktivkohle (PAK) auf Kläranlagen, www.micropoll.ch.
- [6] Schlussbericht FHNW zur Optimierung TGA, geplant für Oktober 2022