

Aktivkohlefiltration zur Abwasseraufbereitung für die Wiederverwendung

Unter Aktivkohleadsorption versteht man die Anlagerung von Molekülen an der Oberfläche der Aktivkohle, wobei diese dem Wasser entzogen und im Aktivkohlekorn gespeichert werden. Dieser Prozess verläuft umso effektiver, je geringer die Affinität eines Stoffes zur gelösten Form in Wasser und je höher diese zur Anlagerungsform an Aktivkohle ist. Dies erfolgt innerhalb ihres hochporösen Kapillarsystems, dessen Oberfläche schon bei knapp 7 Gramm Aktivkohle der eines Fußballfeldes entspricht.

Aktivkohle wird in der Trinkwasser- und Abwasserreinigung genutzt, um u. a. organische Mikroschadstoffe (Pharmaka, Industrie- und Haushaltchemikalien etc.) zu entfernen. Bei den herkömmlichen mechanisch-biologischen Kläranlagen werden Mikroschadstoffe nur in geringem Umfang entfernt. Ihr Großteil gelangt über den Ablauf in die aquatische Umwelt. Um diesen Eintrag zu reduzieren, rüsten immer mehr Kläranlagen Verfahren zur Elimination von Mikroschadstoffen nach und bereits seit etwa 10 Jahren wird hierzu in Deutschland, den Niederlanden, Österreich und der Schweiz Aktivkohle großtechnisch erfolgreich eingesetzt (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW).

Ziele bei der Brauchwasseraufbereitung

Soll der Ablauf kommunaler Kläranlagen zur Wiederverwendung in der Landwirtschaft genutzt werden, hilft eine Barriere für Mikroschadstoffe, deren Eintrag in die Umwelt zu vermindern. Zu diesem Zwecke eignet sich u. a. die Behandlung des Wassers mit Aktivkohle. Darüber hinaus bietet ein Bett aus granulierter Aktivkohle eine sehr große äußere Kornoberfläche, so dass sie



Abbildung 1: Entfärbung mit Aktivkohle (Quelle: IWW)

sich als Trägermaterial für Mikroorganismen und somit für biologische Abbauprozesse (z. B. Nitrifikation, Denitrifikation, Abbau von Kohlenstoffverbindungen) eignet, was die mikrobiologische Stabilität des produzierten Brauchwassers erhöht.

Aufbau von Aktivkohlefiltern

Die Korngrößen der in der Wasseraufbereitung eingesetzten GAK liegen üblicherweise zwischen 0,6 und 2,36 mm. Sie werden als geschüttetes Festbett in Filtern eingesetzt. Deren Bauweise kann sowohl offen (z. B. als Betonkammer oder -zelle, siehe Abbildung 3) als auch geschlossen in Kesselform erfolgen (sog. Druckfilter, die eine Filtration mit höherem Druckverlust ermöglichen). Filterkessel aus Stahl müssen innen mit einer Gummierung versehen werden, um die Kessel-

wand vor Korrosion zu schützen. Bei Betonfiltern ist eine Beschichtung i.d.R. nicht notwendig. Weitere Vorteile können sich ergeben aus den sehr großen Filterflächen je Filterkammer, dem Integrieren von Behälter und Rinnen aus Beton für Rohwasserzufuhr, Filtratableitung, Spülwasserableitung sowie Filtrat-/Spülwasserbevorratung in einem Gesamtbauwerk für die Filterstufe mit relativ geringem spezifischen Flächenbedarf und niedrigen Investitionskosten.

Arbeitsweise von Aktivkohlefiltern

Aktivkohlefilter werden i. d. R. mit GAK in Schütthöhen von 2–3 m gefüllt; dabei lagert die Kohle auf einem mit Düsen bestückten Filterboden. Filter werden je nach Applikation mit Filtergeschwindigkeiten zwischen 5 und 15 m/h betrieben, wobei sich der untere Bereich von 5 bis 8 m/h für die weitergehende Abwasserreinigung etabliert hat. Für den Adsorptionsprozess ist hingegen die Leerbettkontaktzeit (EBCT = empty bed contact time) entscheidender (Benstöm et al 2006a), eine rein rechnerische Verweilzeit für das Wasser in einem leeren Bett ohne GAK-Korn, für die sich Werte zwischen 20 und 30 Minuten als sinnvoll erwiesen haben (Benstöm et al 2006b). Sie wird berechnet als Verhältnis von Betthöhe zu Filtergeschwindigkeit (letzte in m/min).



Abbildung 2: Granulierte Aktivkohle (GAK) (Quelle: IWW)

Enthält das aufzubereitende Wasser Trübstoffe, führen deren Abscheidung im GAK-Bett sowie der sich im Bett etablierende biologische Rasen zu einem Anstieg des Druckverlustes, weshalb der Filter periodisch gespült werden muss. Das geschieht mit Luft und Wasser (jeweils separat) entgegen der Filtrationsrichtung.

Ist die GAK nach längerem Einsatz mit Mikroschadstoffen und mit DOC so hoch beladen, dass ihre Eliminationsleistung für das angestrebte Verfahrensziel nicht mehr ausreicht, kann sie ausgebaut, thermisch reaktiviert und danach wieder eingesetzt werden. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass unter idealen Randbedingungen der Einsatz von reaktivierter GAK in der Abwasserreinigung mit keinerlei Leistungseinbußen (im Vergleich zu frischer GAK) verbunden ist.

Damit ergibt sich folgende zeitliche Abfolge von Einzelschritten für die Bewirtschaftung von einzelnen Filtern einer GAK-Stufe (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW):

- erste Einbringung frischer GAK in den Filter (Adsorber)
- 10–24 Monate Betriebs- bzw. Standzeit (abhängig von durchgesetztem Filtratvolumen)
- Ausbau der GAK und Transport zum Dienstleister für die Reaktivierung
- Reaktivierung der GAK im Ofen mit thermischer Zerstörung der Mikroschadstoffe
- Entfernung des Unterkorns durch Siebung
- Ergänzung der Verlustmenge durch frische GAK (das sogenannte Make-up)
- Transport zur Kläranlage, Befüllung des Filters, Start des nächsten Betriebszyklusses

Vor- und Nachbehandlung

Grundsätzlich ist eine gut funktionierende Kläranlage mit einem niedrigen Gehalt an DOC bzw. CSB im Ablauf die beste Voraussetzung für eine effiziente Mikroschadstoffelimination. Die Beaufschlagung eines Filterbetts aus granulierter Aktivkohle mit Trübstoffen sollte vermieden werden, da diese häufige Spülungen (mechanische Beanspruchung) und durch die Blockierung von Adsorptionsplätzen einen Laufzeitverlust zur Folge hätten. In der MULTI-ReUse-Anlage erfolgt eine Vorbehandlung durch Flockung und Ultrafiltration, bei der alle ungelösten Partikel und ein Teil des DOC entfernt werden, was eine gute Voraussetzung für eine möglichst lange Standzeit der Aktivkohle ist. Die Spülintervalle konnten dadurch auf maximal zweimal monatlich reduziert werden.

Da im Zulauf der MULTI-ReUse-Pilotanlage in Nordenham zeitweise leicht erhöhte Mangan-Konzentrationen auftreten, musste zur Vorbehandlung des Aktivkohlezulaufs ein Entmanganungsfilter vorgesehen werden.



Abbildung 3: Offene GAK-Filter an der Kläranlage Obere Lutter (Quelle: AOL)

Das Filtermaterial dient als Besiedlungsfläche für manganoxidierende Mikroorganismen, die sich bei Beaufschlagung mit manganhaltigem Wasser nach einiger Zeit etablieren und zusammen mit Sauerstoff durch biologisch-katalytische Reaktionen das Mangan abbauen. Die Mikroorganismen nehmen Mangan (II) auf und scheiden als Oxidationsprodukt unlösliche Mangan(IV)-Verbindungen aus. Würden diese Vorgänge im Aktivkohlefilter stattfinden, wäre deren Leistungsfähigkeit durch manganhaltige Beläge nach kurzer Zeit stark beeinträchtigt. Eine für die vollständige Entmanganung ausreichende mikrobielle Besiedlungsdichte des Filtermaterials stellt sich bei einem neuen Filtermaterial in der Regel erst nach einigen Wochen ein. Um diesen Prozess zu beschleunigen, kann mit bereits mikrobiologisch besiedeltem Sand aus einem anderen Filter angeimpft werden.

Für die mikrobiologische Stabilität und einen hygienisch unbedenklichen Ablauf des Aktivkohlefilters sorgt die Nachbehandlung mit einer UV-Desinfektion.

Überwachung

Die Überwachung eines GAK-Filters erfolgt mittels Analyse ausgewählter Leitsubstanzen im GAK-Zulauf und Filtrat, die für den jeweiligen Standort maßgeblich sind und möglichst eine breite Vielfalt an Stoffeigenschaften und -quellen repräsentieren (Arzneistoffe, Industrie- und Haushaltschemikalien, Pestizide etc.). Die Nutzung der UV-Extinktion bei 254 nm (SAK254) als Leitparameter hat sich bei der GAK-Filtration – im Gegensatz zur Pulverkohle-Applikation – als nicht zielführend erwiesen.

Literatur

Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (2018): Einsatz von Aktivkohle zur Wasser /Ab-wasserbehandlung, Broschüre, www.masterplan-wasser.nrw.de/downloads/broschuere-aktivkohle/

Benstöm F., Nahrstedt A., Böhler, M., Knopp, G., Montag, D., Siegrist, H., Pinnekamp, J. (2006a): Leistungsfähigkeit granulierter Aktivkohle zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abläufen kommunaler Kläranlagen – Ein Überblick über halb- und großtechnische Untersuchungen. Teil 1: Veranlassung, Zielsetzung und Grundlagen. KA (63) Nr. 3, S. 187–192

Benstöm F., Nahrstedt A., Böhler M., Knopp G., Montag D., Siegrist H., Pinnekamp J. (2006b): Leistungsfähigkeit granulierter Aktivkohle zur Entfernung organischer Spurenstoffe aus Abläufen kommunaler Kläranlagen – Ein Überblick über halb- und großtechnische Untersuchungen. Teil 2: Methoden, Ergebnisse und Ausblick. KA (63) Nr. 4, S. 276–289

Autor/innen

Dr. Andreas Nahrstedt und Anja Rohn, IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH, Mülheim/Ruhr

Kontakt: a.rohn@iww-online.de

Kurzbeschreibung Projekt MULTI-ReUse

Gereinigtes Abwasser ist ein wichtiger Teil des Wasserkreislaufs. Eine Einleitung in Flüsse ist aus Umweltsicht akzeptabel, aber für eine wirtschaftliche Nutzung ist das Wasser meistens ungeeignet. MULTI-ReUse schließt diese Lücke und eröffnet durch die Entwicklung und Anwendung neuer Verfahren weitere Anwendungsmöglichkeiten für Betriebswasser. Ziel des Projektes ist die Entwicklung, Demonstration und Bewertung eines modularen Aufbereitungssystems. Damit soll das Betriebswasser in unterschiedlichen Qualitäten und wechselnden Mengen zu konkurrenzfähigen Preisen angeboten werden.

Impressum

Die Erstellung und Veröffentlichung dieses Factsheets erfolgt im Rahmen des MULTI-ReUse Verbundvorhabens, gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 02WAV1403 innerhalb der Fördermaßnahme WavE.

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserforschung gemeinnützige GmbH
Moritzstr. 26
45476 Mülheim an der Ruhr

Internet: <https://water-multi-reuse.org/>
E-Mail: info@iww-online.de

Presserechtlich verantwortlich:
Dr.-Ing. Wolf Merkel (Techn. Geschäftsführer)

November 2018

