

# Aktivkohleeinsatz auf kommunalen Kläranlagen zur Spurenstoffentfernung

## Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6 „Aktivkohleeinsatz auf Kläranlagen“<sup>(\*)</sup>

### Zusammenfassung

Die DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6 „Aktivkohleeinsatz auf Kläranlagen“ erarbeitet aktuell einen Themenband zum Aktivkohleeinsatz auf kommunalen Kläranlagen zur Spurenstoffentfernung. In diesem Zuge veranstaltete die Arbeitsgruppe am 1. Februar 2016 ein Fachgespräch, zu dem die Vertreter von neun Aktivkohlefirmen ins Emscherhaus nach Essen eingeladen wurden. Ziel der Veranstaltung war es, einen fachlichen Austausch durchzuführen und insbesondere die bislang von der Arbeitsgruppe zusammengetragenen Kennzahlen zur Energie- und Ökobilanz von Aktivkohle mit der Aktivkohleindustrie abzugleichen. Zudem ging es der Arbeitsgruppe darum, ein besseres Verständnis für den Herstellungsprozess von granulierter (GAK) und pulverförmiger (PAK) Aktivkohle zu erlangen. Darüber hinaus wurden sowohl die Anwendung von Reaktivaten bei der kommunalen Abwasserbehandlung erörtert als auch die Schwierigkeiten bei der Ausschreibung und der Qualitätskontrolle von Aktivkohlen zur Spurenstoffentfernung aus kommunalem Abwasser diskutiert.

Im Nachgang zu der Veranstaltung wurde ein Fragebogen an die Aktivkohlefirmen versandt, in dem firmenspezifische Angaben und Kennwerte zum Herstellungsprozess und zum Energie- und Rohstoffverbrauch abgefragt wurden. Zugleich wurden Vorschläge und Meinungen zur Ausschreibung und Vertragsgestaltung für die Beschaffung und Lieferung von Aktivkohlen zur Spurenstoffentfernung gesammelt. Darüber hinaus wurden Prognosen zu möglichen Ersatzrohstoffen und Produktentwicklungen erbeten. Die Erhebung erfolgte in anonymisierter Form.

Die Erkenntnisse aus dem Fachgespräch sowie aus ergänzenden Recherchen sind in einem Arbeitsbericht zusammengefasst.

**Schlagwörter:** Abwasserreinigung, kommunal, Spurenstoff, Aktivkohle, granuliert Aktivkohle, Pulveraktivkohle, Herstellung, Energiebilanz, Umweltbilanz, Ausschreibung, Qualitätskontrolle, Markt, Reaktivat, Ersatzstoff

DOI: 10.3242/kae2016.12.002

### Abstract

#### Employment of Activated Carbon in Municipal Wastewater Treatment Plants for the Removal of Trace Elements Report of the DWA Working Group KA-8.6 “Employment of Activated Carbon in Wastewater Treatment Plants”

The DWA Working Group KA-8.6 “Employment of activated carbon in wastewater treatment plants” is currently developing a volume on the topic of activated carbon employment for the removal of trace elements in municipal wastewater treatment plants. In the course of this the working group on 1 February 2016 organised a specialist discussion to which the representatives of nine activated carbon firms were invited to the Emscherhaus in Essen. Objective of the event was to carry out a technical exchange and, in particular, to compare with the activated carbon industry the characteristic values of activated carbon for energy and ecology balance previously gathered together by the working group. In addition, the point for the working group was to obtain a better understanding for the production process of granulated activated carbon (GAK) and powder-formed activated carbon (PAK). Furthermore, both the application of reactivated products with municipal wastewater treatment as well as the difficulties with the tendering for and quality control of activated carbons for trace element removal from municipal wastewater were discussed.

In the aftermath of the event a questionnaire was sent to the activated carbon firms in which firm-specific data and characteristic values for the production process and for the energy and raw material consumption were requested. At the same time, proposals and opinions on the tendering and drafting of the contract for the procurement and supply of activated carbons for trace element removal were compiled. In addition, forecasts on possible alternative raw materials and product developments were requested. The survey took place in anonymised form.

The findings from the technical discussion as well as from supplementary research are summarised in a progress report.

**Key words:** wastewater treatment, municipal, trace element, activated carbon, granulated activated carbon, powdered activated carbon, production, energy balance, environmental balance, tendering, quality control, market, reactivate, substitute material

<sup>\*)</sup> Mitglieder der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6 sind: Dipl.-Ing. Klaus Alt (Düsseldorf), Dipl.-Ing. Frank Benstöm (Aachen), Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf (Bochum), Dipl.-Ing. Marc Böhrer (Dübendorf/Schweiz), Dipl.-Biol. Catrin Bornemann (Wuppertal), Dipl.-Ing. Christian Hiller (Neu-Ulm), Dr.-Ing. Klaus Jedele (Stuttgart), Prof. Dr.-Ing. Martin Jekel (Berlin), Dr.-Ing. Sven Lyko (Essen), Dr.-Ing. Steffen Metzger (Stuttgart, Sprecher), Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt (Mülheim an der Ruhr), Dr.-Ing. Christian Remy (Berlin, Gast), Prof. Dr.-Ing. Thomas Wintgens (Muttentz/Schweiz). – Ansprechpartner in der DWA-Bundesgeschäftsstelle: Dr.-Ing. Christian Wilhelm, E-Mail: wilhelm@dwa.de

### Herstellungsprozess

Bei Aktivkohle handelt es sich um ein hochporöses Adsorbens auf Kohlenstoffbasis, das in der Regel aus natürlichen Rohstoffen industriell erzeugt wird. Typische Rohstoffe sind Braun- und Steinkohlen, Holz, Torf (eingeschränkt), verschiedene Fruchtschalen sowie andere biogene Ausgangsrohstoffe [1]. Bei den Schalen werden überwiegend Palmöl- und Kokosnussschalen aus Südost-Asien verwendet.

Bei der Aktivierung unterscheidet man die chemische Aktivierung unter Einsatz von Dyhydratisierungsmitteln wie zum Beispiel Phosphorsäure oder Zinkchlorid mit anschließender Pyrolyse der so gebildeten Rohaktivkohle und die Gasaktivierung. Die Gasaktivierung wird dabei für Aktivkohlen zur Wasser- und Abwasserreinigung bevorzugt verwendet. Bei der Gasaktivierung wird der Rohstoff bei Temperaturen zwischen 800 und 1000 °C unter inerter Atmosphäre mit einem Aktivierungsgas (meist Wasserdampf) in Verbindung gebracht. Dies geschieht in Drehrohr-, Wirbelschicht- oder Mehretagenöfen [2]. Das Aktivierungsgas entfernt nun in dem mehrere Stunden dauernden Prozess einzelne Kohlenstoffatome aus dem Kohlenstoffgerüst des Rohmaterials. Die Qualität der Aktivkohle wird dabei neben dem verwendeten Rohstoff unabhängig von Aktivierungsverfahren durch die Steuerung des Aktivierungsprozesses bestimmt. Die Prozesssteuerung erfolgt insbesondere durch die Parameter Verweilzeit und Temperatur in den Zonen des Ofens sowie die Menge des zugesetzten Aktivierungsgases. Genauere Angaben hierzu sind nicht öffentlich zugänglich, sondern unterliegen dem jeweiligen Firmengeheimnis.

Das nach der Aktivierung entstandene Aktivkohleprodukt weist naturgemäß eine sehr breite Kornverteilung auf. Für die weitere Verwendung als granuliert Aktivkohle (GAK) wird es daher auf ein definiertes Kornspektrum gesiebt (marktüblich: 0,6–2,4 mm oder 0,4–1,7 mm). Zur Herstellung von Pulveraktivkohle (PAK) wird der für die GAK zu feine Siebdurchgang oder das gesamte Produkt nach Wirtschaftlichkeitserwägungen vermahlen. Partikel aus der Abgasreinigung der Aktivkohleherstellung werden ebenfalls der PAK zugegeben. Bei der GAK besteht auch die Möglichkeit, diese nach erfolgter Beladung zu reaktivieren (s. u.). Auch beim Reaktivierungsprozess entsteht durch Abrieb ein Feinkornanteil, der nicht mehr als GAK verwendbar ist. Dieser kann jedoch gegebenenfalls nach weiterer Aufmahlung als PAK verwendet werden. Es gibt auch Kornkohle, die aus gemahlener Aktivkohle per Re-Agglomeration produziert wird, um gewünschte Porengrößen innerhalb des Kornes mit einer hohen Homogenität zu erzielen. Wird bei diesem Herstellprozess zudem eine definierte Geometrie des Kornes erzeugt (zum Beispiel zylindrisch), spricht man von Formkohle [2]. Die innere Porenstruktur der Re-Agglomerate zeigt also zu derjenigen der Direkt-Aktivate entsprechende Unterschiede.

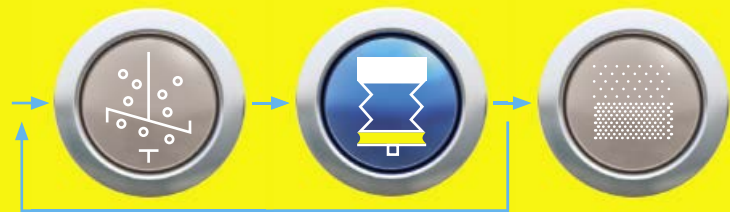
### Energie- und Ökobilanz

Ein Schwerpunkt des Fachgesprächs lag in der Erhebung und Auswertung neuer Daten zu Energie- und Rohstoffverbrauch der Herstellung und Reaktivierung von Aktivkohle (AK). Bisher verfügbare Datensätze aus der Literatur sind bereits älteren Datums oder unvollständig und repräsentieren nicht mehr die aktuellen Kennwerte der Prozesse [3, 4]. Die Bilanzierung von fossilem Primärenergieverbrauch und damit verbundenem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck als wichtige Umweltauswirkung beruht hier

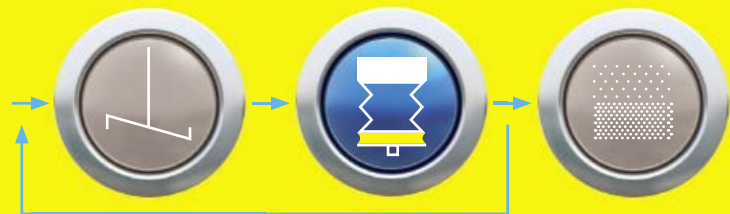


# Feststoffarme Spurenstoffelimination durch hydrograv adapt

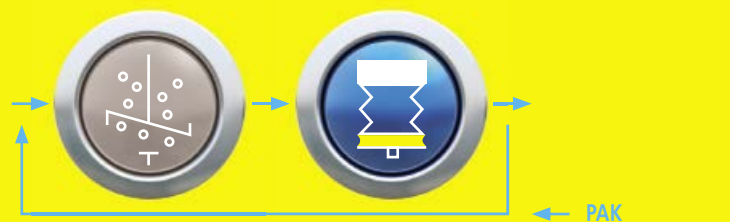
**Dreifacher Vorteil:** maximale hydraulische Kapazität, minimale Schlammverlagerung und minimale AFS.



**GAK im nachgeschalteten Filter.** Feststoffarme Spurenstoffelimination durch hydrograv adapt im Nachklärbecken.



**Nachgeschaltete PAK-Adsorptionsstufe.** Minimale AFS im Ablauf des Sedimentationsbeckens: Minimierte Rückspülungen, stabiler Filterbetrieb.



**PAK in der Rezirkulation zum Belebungsbecken.** hydrograv adapt sichert für den Ablauf der Nachklärung den maximalen Aktivkohle-Rückhalt.

# hydrograv

hydraulik ▪ gravitatives trennen

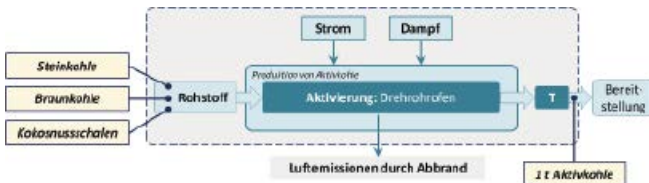


Abb. 1: Vereinfachtes Prozessmodell der Herstellung von Aktivkohle

auf einem vereinfachten Prozessmodell der Herstellung bzw. Reaktivierung von AK, das in Abbildung 1 dargestellt ist. Vereinfacht wird zur Herstellung von frischer AK („virgin“) ein bestimmter Rohstoffbedarf angesetzt, der im Herstellungsprozess (hier beispielhaft im Drehrohfen) zu AK umgesetzt wird (Aktivierung). Für den Prozess werden Stromverbrauch und Dampfbedarf ermittelt, zudem werden die Luftemissionen durch Rohstoffverluste bei fossilen Rohstoffen mit bilanziert. Letztlich zählen noch die Transporte vom Herstellungsort (meist im asiatischen Raum) per Schiff und schließlich der Transport zum Kunden per LKW dazu. Bewertungsfaktoren für fossilen Primärenergieaufwand [5] und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck [6] der verschiedenen Prozesse werden einer Ökobilanz-Datenbank entnommen (ecoinvent v3.1 [7]). Für die Herstellung von Vorprodukten der AK-Produktion aus Kokosnussschalen (Verkokung) wird hier vereinfacht eine Bilanz der Holzkohleherstellung in Kohlemeilern angesetzt.

Nach Auskunft der Hersteller liegt der Rohstoffbedarf zur Herstellung frischer Aktivkohle je nach Material und Qualität des Produkts bei 3,5–5 t Steinkohle, 5–6,5 t Braunkohle und 10–13 t Kokosnussschalen pro Tonne AK. Der gesamte Prozess läuft autotherm ab, sodass keine zusätzliche Heizwärme über Erdgas erforderlich ist. Der Dampfbedarf liegt bei 3–4 t Dampf pro Tonne AK. Je nach Prozessführung und Weiterverarbeitung (zum Beispiel Brechen, Sieben, Aufmahlen zu Pulver-AK) liegt der Stromverbrauch laut Herstellerangaben bei bis zu 150 kWh pro Tonne AK und kann je nach Randbedingungen bis zu 400 kWh pro Tonne AK betragen. Meist wird aus überschüssiger Wärme vor Ort noch Strom gewonnen und so der Nettobedarf der Herstellung reduziert. Die Transportentfernungen per Schiff liegen je nach Produktionsort zwischen 12000 und 20000 km, für den abschließenden Transport per LKW werden 150–1200 km angegeben.

Unter Verwendung dieser Daten ergibt sich für die frische AK im obigen Bilanzmodell ein Primärenergieverbrauch bzw. CO<sub>2</sub>-Fußabdruck nach Tabelle 1. Der überwiegende Teil des Aufwands entsteht für Stein- bzw. Braunkohle durch den Rohstoffverbrauch. Auch für Kokosnussschalen entstehen in der Vorproduktion (Verkokung) im Bilanzmodell ein Energieaufwand und bestimmte Treibhausgasemissionen (zum Beispiel Methan). Das bei der Verkokung und Aktivierung von Kokosnuss-AK entstehende CO<sub>2</sub> aus dem Rohstoff ist als regenerativ anzusehen [6] und wird daher im CO<sub>2</sub>-Fußabdruck nicht eingerechnet. Die Bereitstellung von Dampf erzeugt ebenfalls energetische Aufwendungen, die gegebenenfalls durch eine Nutzung von Abwärme des Prozesses zur Dampferzeugung vermieden werden können.

Bei der Reaktivierung von granulierter AK wird ein vergleichbares Bilanzmodell angesetzt: Beladene AK wird unter Verbrauch von Strom und Erdgas bei hoher Temperatur reaktiviert, wobei Verluste bei der Reaktivierung durch frische AK ersetzt werden. Diese Verluste bei der Reaktivierung betragen

laut Herstellerangaben je nach Rohstoff 5–13 % für Steinkohlen-AK, 5–20 % für Braunkohlen-AK und 3–15 % für Kokosnussschalen-AK. Zusätzlicher Dampf wird nicht benötigt, da sich aus dem Wassergehalt der beladenen granulierten AK (bis zu 50 %) bei der Reaktivierung ausreichend Dampf bildet. Der Erdgasverbrauch der Reaktivierung liegt je nach Verfahren bei 80–190 m<sup>3</sup> pro Tonne AK, der Strombedarf bei 11–335 kWh pro Tonne AK je nach Prozess und weiterer Aufbereitung (zum Beispiel Aufmahlen zu Pulver-AK, Sieben). Die Transportentfernung per LKW vom und zum Kunden liegt im Mittel bei 150–400 km. Damit ergeben sich für reaktivierte AK die in Tabelle 1 angegebenen Spannweiten für Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

Insgesamt wird deutlich, dass der Aufwand zur Herstellung frischer Aktivkohle durch den hohen Rohstoffbedarf um einen Faktor 5 über dem der Reaktivate liegt. Entscheidend für eine Beurteilung von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist daher der Anteil von Frischkohle im Produkt bzw. die Nutzung von reaktivierter AK. Es ist anzumerken, dass der Aufwand zur Herstellung qualitativ hochwertiger AK mit hoher Adsorptionswirkung tendenziell zu höherem Aufwand bei der Herstellung bzw. Reaktivierung führt, da die höhere Aktivierung größere Verluste während der Produktion bedingt. Zudem ist bei der Entsorgung der AK (zum Beispiel Pulver-AK in der Verbrennung) das freigesetzte CO<sub>2</sub> aus fossilen Rohstoffen ebenfalls dem Aufwand der AK-Anwendung zuzuordnen. Die AK-Entsorgung ist in den Werten der Tabelle 1 noch nicht eingerechnet.

### Reaktivierung und Reaktivate

Beim Einsatz einer GAK-Schüttung zur Wasseraufbereitung nimmt die Beladung ihrer Adsorptionsplätze mit organischen Wasserinhaltsstoffen stetig mit dem durchgesetzten Wasservolumen zu. Ab einem bestimmten Beladungszustand der GAK geht dies mit einer Minderung der Entfernungseistung einher. Nähert sich der Prozess einem kritischen Punkt, bei dem eine geforderte Mindestleistung unterschritten wird, ist die Adsorptionskapazität der GAK erschöpft und sie muss entweder gegen frische GAK ausgetauscht oder einem Reaktivierungsprozess unterzogen werden.

Bei der Reaktivierung ergeben sich folgende Unterschiede zur Herstellung frischer GAK: Das Porensystem des einzelnen Kornes ist mit Wasser gesättigt, und an den Kontaktpunkten zwischen den einzelnen Körnern befindet sich Zwickelwasser

Rohstoff		Primärenergieverbrauch fossil	CO <sub>2</sub> -Fußabdruck
		[GJ/t AK]	[t CO <sub>2</sub> -Äqu./t AK]
Steinkohle	frische AK	109–124	11–18
	Reaktivat	17–29	2–3
Braunkohle	frische AK	152–184	14–18
	Reaktivat	20–37	2–4
Kokosnussschalen	frische AK	28–51	5–7
	Reaktivat	9–14	1

Tabelle 1: Spannweiten für Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von frischer Aktivkohle (AK) und Reaktivat für verschiedene Rohstoffe

(Massenanteil Wasser am Schüttgewicht von 40 bis 50 % [8]), sodass in der ersten Zone eines Reaktivierungsovens ein Trocknungsprozess stattfindet. Im Zuge der Trocknung und unmittelbar anschließend findet bis ca. 400 °C ein Desorptionsprozess für die flüchtigen Bestandteile der GAK-Beladung statt [8]. Erst danach erfolgt eine Pyrolyse unter hohen Temperaturen um 800 °C, bei der Stoffe der Beladung gegebenenfalls bis zu einer Verkokung chemisch verändert und mit dem Pyrolysegas weitestgehend entfernt werden. GAK und Heißdampf durchlaufen den Ofen im Gegenstrom [2]. Das Abgas der Reaktivierung durchläuft eine mehrstufige Abgasreinigung, um die gesetzlichen Anforderungen einzuhalten. Das aus dem Ofen austretende Reaktivat wird unter Luftabschluss abgekühlt und sein Unterkorn, das heißt der Feinkornanteil unterhalb der kleinsten Korngröße gemäß Lieferspezifikation, abgesiebt. Im Gegensatz zur autothermen Herstellung frischer GAK ist der Reaktivierungsprozess nicht energieautark [1]. Eine GAK-Reaktivierung ist in Relation zur Produktion stets frischer PAK aus rein energetischer Sicht für die weitergehende Abwasserreinigung aber konkurrenzlos.

Die Reaktivierung einer GAK ist nur dann sinnvoll, wenn diese bei der Applikation nicht „totgeritten“, das heißt zu lange eingesetzt wurde. Ein Mindestmaß an Kornhärte und -größe sowie an verbliebenen Adsorptionsplätzen, zum Beispiel eine Iodzahl um 500 mg Iod/g AK, ist Grundvoraussetzung. Im Zuge der Ausschreibung einer Reaktivierung erhalten anbietende Firmen die Möglichkeit, diese Parameter an Proben der erschöpften GAK zu ermitteln und ihre Angebotskalkulation darauf zu stützen. Dabei dient die Iodzahl – trotz all ihrer Schwächen für eine allgemeingültige Aussagekraft – als Maßzahl für eine vorliegende Adsorptionskapazität. Eine erfolgreiche Reaktivierung verschafft eine Steigerung der Iodzahl um gut 300 mg Iod/g AK. Eine weitere Steigerung geht andernfalls zu Lasten der Kornhärte. Ein Reaktivat wird leistungsspezifisch aufgewertet, indem Verlustmengen infolge Reaktivierung durch einen Prozentsatz an Frischkohle, das sogenannte Make-up, mit einer entsprechenden hohen Iodzahl ersetzt werden. Dieses Make-up kann in bestimmten Fällen die Rolle eines Nachhaltigkeitsfaktors spielen, wenn Einbußen an Adsorptionskapazität infolge einer Reaktivierung auftreten und dies durch den Mengenanteil an Make-up konsequent periodisch kompensiert werden muss.

Ob sich im Nachgang einer Reaktivierung bei einem erneuten Einsatz der GAK Einbußen bei der Adsorptionskapazität zeigen, hängt von einer Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren ab, die wettbewerberspezifisch unterschiedlich sein können.

Da das Wissen um diese Details ganz wesentliche Wettbewerbsvorteile der einzelnen Anbieter darstellt, war es für die Arbeitsgruppe nachvollziehbar, dass hierzu ausschließlich allgemeingültige Angaben kommuniziert werden. Bei großtechnischen Versuchen zur gezielten Spurenstoffelimination wurde auf verschiedenen Klärwerken sowohl eine leichte Abnahme als auch eine Konstanz der Adsorptionsleistung beobachtet.

Die Arbeitsgruppe war sich mit den Vertretern der anwesenden Aktivkohlefirmen einig, dass sich in all den bislang durchgeführten groß- und pilottechnischen Untersuchungen zur gezielten Spurenstoffelimination auf kommunalen Klärwerken gezeigt hat, dass die adsorptive, chemische und mechanische Beanspruchung der GAK insbesondere durch die Spülprozesse moderat ist. Erfreulicherweise zeigt selbst GAK aus einem Dau-

ereinsatz von anderthalb Jahren gute Grundvoraussetzung für die Reaktivierung [9, 10]. Entsprechend hoch war die Qualität ihrer Reaktivate. Andere Störfaktoren für den Erfolg einer Reaktivierung, wie sie im Zuge der Trinkwasseraufbereitung mit eisenhaltigen, manganhaltigen oder Calcit abscheidenden Rohwässern auftreten, wurden für GAK aus der weitergehenden Abwasserreinigung nicht festgestellt. Das schafft insgesamt gute Voraussetzungen für eine GAK, die in kommenden Betriebsjahren eine Reaktivierung mehrfach durchlaufen wird.

Die Verlustmengen bei einer Reaktivierung resultieren nur in geringem Maße aus dem „Abbrand“ [2, 8]. Sie werden überwiegend als Feinanteile in die Entstaubung überführt oder abgesiebt und weitervermarktet.



---

## Spurenstoffe erfolgreich mit Pulveraktivkohle eliminieren.

### AK-DOS®-Baureihe




**MIETANLAGEN FÜR IHRE VERSUCHE  
UNTER REALBEDINGUNGEN TESTEN!**

Senden Sie uns Ihre Anfrage an:  
[anlagenbau@suelzle-kopf.de](mailto:anlagenbau@suelzle-kopf.de)

Erweitern Sie mit dem baumustergeprüften AK-DOS®-System Ihr Klärwerk um die 4. Reinigungsstufe und eliminieren Sie effizient organische Spurenstoffe mit der selben Technologie wie die Klärwerke in Lahr, Mannheim, Sindelfingen, Dülmen, Steinhäule und Albstadt.

AK-DOS® IST STAND DER TECHNIK FÜR  
PULVERAKTIVKOHLEDOSIERUNG.



suelzle-kopf-anlagenbau.de

The Emissions Control Company

Eine Reaktivierung kann chargenrein erfolgen mit dem entsprechenden Reinigungsaufwand für die Prozessstraße oder vereinfacht in einer Sequenz verschiedener Chargen.

Mehrere Aktivkohlehersteller verschneiden Reaktivate aus verschiedenen Applikationen (Pool-GAK). Teilweise wird auch noch Frischkohle zugegeben (Make-up). Dabei kann auch eine sogenannte Downcycling-Strategie verfolgt werden: Der Verlust an Adsorptionsleistung und Kornhärte verschiedener GAK, insbesondere nach mehrfacher Reaktivierung, wird so akzeptiert und aus diesen GAK nach Leistungsfähigkeit gestaffelte Typen verschiedener Pool-GAK produziert. Diese können beispielsweise in Applikationen mit geringeren Anforderungen oder unter höheren Konzentrationsniveaus (zum Beispiel bei Deponiesickerwasser) noch für eine befriedigende Wirkung sorgen. Der Anwender ist hierbei sowohl administrativ als auch verfahrenstechnisch von den Details einer Reaktivierung entbunden. Er kauft Pool-GAK mit annähernd gleichbleibender Qualität ein und gibt erschöpfte GAK einfach ab. Nachteile einzelner kunden- oder applikationsspezifischer Reaktivate werden über entsprechende Mischungsanteile vom Hersteller kompensiert. Nach Aussage der Aktivkohlehersteller entsteht hierdurch insgesamt kein Gramm an zu entsorgenden Reststoffen. Das Downcycling wird angewandt, um das Nutzungspotenzial der Aktivkohle möglichst vollständig auf unterschiedlichen Qualitätsniveaus auszuschöpfen und damit möglichst wenig Rohstoff zu verbrauchen.

### Marktsituation und Ersatzrohstoffe

Eine Übersicht über die weltweite Produktion, die Verfügbarkeit und den Verbrauch von Aktivkohlen ist schwer zu geben, da diese Informationen zumeist firmenintern kommuniziert werden bzw. firmenübergreifende fundierte Marktanalysen nur käuflich erwerbbar sind.

Nach diversen Internetangaben wird sich der weltweite Bedarf an Aktivkohle kontinuierlich erhöhen und im Jahr 2018 bei über zwei Millionen Tonnen jährlich liegen [11]. Der überwiegende Teil kommt aus Asien, Australien und den USA. Die Importe an Aktivkohlen nach Deutschland betragen nach statistischem Bundesamt für das Jahr 2013 gut 68 000 Tonnen jährlich, von denen etwa 45 000 aus China entstammten. Indien, USA und Indonesien sind weitere, aber deutlich kleinere Exportländer bzw. Lieferanten [12].

Eine einfache Abschätzung für die D-A-CH-Länder kann den zukünftigen Bedarf an Aktivkohlen für die Spurenstoffelimination aus kommunalem Abwasser in etwa prognostizieren. Geht man davon aus, dass rund die Hälfte des behandelten kommunalen Abwassers einer gezielten Spurenstoffelimination zugeführt und davon die Hälfte mit Aktivkohle (15 mg/L AK) behandelt wird, ergibt sich ein jährlicher Bedarf von rund 41 000 Tonnen AK. Eine allfällige Reaktivierung von eingesetzter GAK ist in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt und würde den jährlichen Bedarf reduzieren.

Mehr als die Hälfte (57 %) der im Jahr 2010 produzierten Aktivkohlen basieren auf fossilen Rohstoffträgern wie Stein- und Braunkohle, wobei bei den nachwachsenden Ausgangsrohstoffen Holz noch vor Palmöl- und Kokosnussschalen stand [13]. Andere Ersatzrohstoffe wie Olivenkerne, Fruchtkerne und Nussschalen spielen bisher nur eine untergeordnete Rolle. Dennoch gibt es vermehrt Aktivitäten, alternative Ersatzroh-

stoffe zu verwenden und die daraus resultierenden Aktivkohlen zu optimieren [14, 15].

Die dargestellte Marktsituation sowie die Ressourcenaufwendungen zur Herstellung von hochaktivierten Aktivkohlen zeigen die Notwendigkeit auf, auf Basis biogener Rohstoffe Aktivkohlen herzustellen, die insbesondere dem Klimaschutz dienen und zur Unabhängigkeit gegenüber Importen führen. Auch die Weiterentwicklung effizienter Verfahren zur Reaktivierung ist notwendig. Dies auch vor dem Hintergrund, um zu einer langfristigen Absicherung der Liefersicherheit für den europäischen Markt beizutragen, da in Europa zunehmend keine fossilen Kohlen mehr gefördert werden.

### Beschaffung und Qualitätsdefinition/-kontrolle

Gegenwärtig wird der Einkauf von Aktivkohlen zur Spurenstoffelimination unterschiedlich gehandhabt: Während bei einigen Kläranlagenbetreibern die Auswahl des Aktivkohleproduktes primär nach dem günstigsten Preis erfolgt, werden andernorts bei der Vergabe noch weitere Kriterien berücksichtigt, wie zum Beispiel der maximale Wassergehalt, Abrechnungsmodalitäten für die angelieferte GAK-Menge oder auch die abwasserspezifische Reinigungsleistung, die in einer gesonderten Untersuchung zu ermitteln ist.

Ausgehend von den bisherigen Erfahrungen wurde von den Vertretern der Aktivkohleindustrie angeregt, zukünftig in einer Ausschreibung für Aktivkohle die gewünschten Anforderungen wie auch die Ansprüche an die Qualität eines Produkts eindeutig zu beschreiben. Zudem würde eine Vereinheitlichung der bislang individuellen Formulierungen für unterschiedliche Anforderungen, wie zum Beispiel die Reinigungsleistung, physikalische Kenndaten, Lagerungsvorschriften, Referenzen zum Einsatz im kommunalen Abwasser etc., begrüßt werden. Dies würde den Herstellern erlauben, für den Nachweis entsprechender Anforderungen Prüfzertifikate anfertigen zu lassen, um somit den Ansprüchen der Kunden gerecht zu werden.

Die Beschreibung der Anforderung an die Reinigungsleistung einer Aktivkohle sollte unabhängig vom aufzubereitenden Abwasser erfolgen. Hierzu bedarf es nach Meinung aller Anwesenden am Fachgespräch der Entwicklung eines einfach durchzuführenden und kostengünstigen Nachweisverfahrens, da anhand der bisherigen Kennzahlen zur Charakterisierung von Aktivkohlen, wie zum Beispiel der Iod- oder Melassezahl, keine Aussage über die Spurenstoffeliminationsleistung einer Aktivkohle getroffen werden kann. Ein solches Nachweisverfahren würde es zugleich erlauben, die Reinigungsleistung eines Aktivkohleproduktes bei seiner Anlieferung auf einer Kläranlage zeitnah zu überprüfen. Zudem würde die Beschreibung der Mindestanforderung an die Reinigungsleistung von Aktivkohlen zur Spurenstoffentfernung anhand eines einheitlichen Parameters den Aktivkohleproduzenten eine größere Sicherheit zu Investitionen in die Forschung und Entwicklung neuer Aktivkohleprodukte bieten.

Derzeit kann die Qualitätskontrolle von Aktivkohlen durch Kläranlagenbetreiber in Form von Rührversuchen mit spezifischer Analytik (DOC, SAK, Spurenstoffe) durchgeführt werden. Auf den Vergleich mit Rückstellproben der Aktivkohle kann nicht verzichtet werden.

Um beim Einkauf einer Aktivkohle der Nachhaltigkeit Rechnung zu tragen, kann die Öko- bzw. CO<sub>2</sub>-Bilanz in einer Ausschreibung Berücksichtigung finden. Allerdings bedarf es für

die Vergleichbarkeit der Herstellerangaben einer Vorschrift für die Anfertigung derartiger Bilanzen. Als Möglichkeit wird die Zertifizierung durch ein unabhängiges Institut angeführt. Eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Bilanz kann durch die Verwendung von reaktiver Aktivkohle erzielt werden. Allerdings erfordert dies die Akzeptanz zum Einsatz von Reaktivaten. Sollte ein Betreiber ausschließlich frische Aktivkohleprodukte wünschen, so bedarf es in Hinblick auf eine günstigere CO<sub>2</sub>-Bilanz des Einsatzes von Aktivkohlen auf Basis nachwachsender Rohstoffe, wie zum Beispiel Holz. Dies wiederum erfordert jedoch die Akzeptanz höherer Preise.

Für einen fairen Wettbewerb wird daher angeregt, dem Kunden die Rohstoffe wie auch die „Vorgeschichte“ der Aktivkohle, sofern es sich um ein Reaktivat handelt, offen zu legen. Hierzu ist anzumerken, dass es kein Testverfahren gibt, mit dem überprüft werden kann, ob es sich bei einem Produkt um ein Reaktivat oder eine frische Aktivkohle handelt.

Zur Sicherstellung der Lieferfähigkeit eines Produktes plädiert die Aktivkohleindustrie dafür, Jahresverträge mit Rahmenkontingenten abzuschließen. Dies ermöglicht eine bessere Planbarkeit zur Herstellung der Aktivkohle.

### Fazit

Durch den offenen Informationsaustausch konnte das Verständnis für relevante Aspekte der Aktivkohlewirtschaft und der Aktivkohleanwendung bei der kommunalen Abwasserreinigung deutlich verbessert werden. Gemeinsam wurden die noch bestehenden Defizite herausgearbeitet, und zwar insbesondere der Bedarf an vereinheitlichten Spezifikationen von Aktivkohleeigenschaften und -leistung für die Applikation bei der Spurenstoffentfernung im Abwasser.

### Literatur

[1] Sontheimer, H., Frick, B. R., Fettig, J., Hörner, G., Hubele, C., Zimmer, G.: *Adsorptionsverfahren in der Wasserreinigung*, Eigenverlag, DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, Universität Karlsruhe (TH), 1985

[2] Kienle, H. von, Bäder, E.: *Aktivkohle und ihre industrielle Anwendung*, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1980

[3] Meier, M.: *Eco-efficiency evaluation of waste gas purification systems in the chemical industry*, ecomed, Landsberg, 1997

[4] Bayer, P., Heuer, E., Karl, U., Finkel, M.: Economical and ecological comparison of granular activated carbon (GAC) adsorber refill strategies, *Water Research* 2005, 39 (9), 1719–1728

[5] VDI-Richtlinie 4600: 2012-01: *Kumulierter Energieaufwand – Begriffe, Berechnungsmethoden*, Beuth, Berlin, 2012

[6] *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Genf, 2007

[7] *Ecoinvent data v3.1, ecoinvent reports No. 1–26*, Swiss Center for Life Cycle Inventories, [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org), Dübendorf, 2014

[8] Hörner, G. Regeneration und Reaktivierung von mit Halogenkohlenwasserstoffen beladenen Aktivkohlen, in: Sontheimer, H. (Hrsg): *Verfahrenstechnische Grundlagen für Anlagen zur Entfernung von Halogenkohlenwasserstoffen aus Grundwässern*, Veröffentlichungen des Bereichs und des Lehrstuhls für Wasserchemie und der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe, Heft 21, 1983

[9] Nahrstedt, A., Burbaum, H., Mauer, C., Alt, K., Sürder, T., Fritzsche, J.: Der Einsatz von granulierter Aktivkohle auf dem Verbandsklärwerk „Obere Lutter“, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2014, 61 (5), 408–426

[10] Nahrstedt, A., Rohn, A., Alt, K., Wu, X., Schlösser, F., Schröder, K.-H.: Mikroschadstoffelimination mittels granulierter Aktivkohle im Ablauf der Kläranlage Gütersloh-Putzhagen, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*, eingereicht April 2016

[11] [www.watertechnonline.com/global-demand-for-activated-carbon-to-exceed-two-million-metric-tons-in-2018](http://www.watertechnonline.com/global-demand-for-activated-carbon-to-exceed-two-million-metric-tons-in-2018)

[12] Esser-Schmittmann, W., Schmitz, S.: Über die „Nebenwirkungen“ von Umweltschutzmaßnahmen am Beispiel sorptiver Abgasreinigung – Vergleichende Ökobilanzen, Vortrag, TEXOCON, 9. Potsdamer Fachtagung, 23./24. Februar 2012

[13] Investor Presentation, Calgon Carbon Corporation, Pittsburgh, PA, 2011: [www.sec.gov/Archives/edgar/data/812701/000095012311030002/l42277exv99w1.htm](http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/812701/000095012311030002/l42277exv99w1.htm)

[14] Vodegale, S., Davidovic, M., Gill, W.: Aktivkohleherstellung aus Olivenkernen zum Einsatz in der Wasserreinigung, DGMK-Fachtagung „Konversion von Biomassen“, Rotenburg a. d. Fulda, 12.–14. Mai 2014

[15] Kläusli, T. M., Kruse, A.: HTC-Pulveraktivkohle aus Klärschlamm, Online-Artikel 3/2016, [www.wwt-online.de/sites/default/files/fachartikel/wwt0316-abwasser-klaeusli.pdf](http://www.wwt-online.de/sites/default/files/fachartikel/wwt0316-abwasser-klaeusli.pdf) KA

## OECKL. Adress-Service

Direkt zu Entscheidern im öffentlichen Bereich



Sie benötigen einen aktuellen Verteiler zum sofortigen Einsatz?

Hier finden Sie Kontakte zu Entscheidungsträgern aus Parlamenten, Regierungen, Behörden, Kommunen, Verbänden, Diplomatie und weiteren Organisationen des öffentlichen Lebens.

**Adress-Recherche**  
Nennen Sie uns Ihre Zielgruppe - wir recherchieren auch Adressen außerhalb des OECKL.-Bestands.

**Adress-Shop**  
Direkt abrufbare Adress-Pakete unter:  
[www.oeckl.de/oeckl-adress/adress-shop.html](http://www.oeckl.de/oeckl-adress/adress-shop.html)

**Updates**  
OECKL. Adressdaten können Sie auch inklusive regelmäßiger Aktualisierungen beziehen.

**Datenabgleich**  
Reichern Sie Ihren Adressbestand an durch einen Abgleich mit der OECKL. Datenbank.

FESTLAND VERLAG GmbH, Thomas Wolf  
Telefon (02 28) 36 20 22, [thomas.wolf@oeckl.de](mailto:thomas.wolf@oeckl.de), [www.oeckl.de](http://www.oeckl.de)

OECKL DIE GUTE ADRESSE