



Quelle: Pixel-Shot/shutterstock.com

Aktivkohle im Wasserwerk:

Wie Kokosnussschalen die Steinkohle ersetzen können

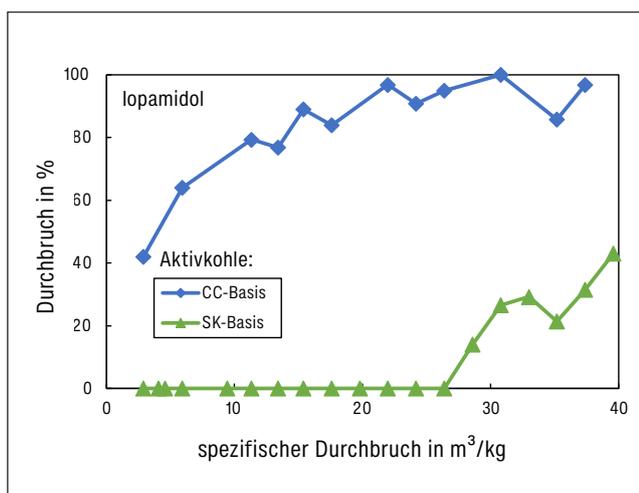
Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Steinkohle und auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen können in Wasserwerken aufgrund der unterschiedlichen Adsorptionseigenschaften nicht einfach gegeneinander ausgetauscht werden. Eine Umstellung von steinkohlebasierter Aktivkohle auf kokosnussschalenbasierte Aktivkohle wird bei den Wasserwerken der Wuppertaler WSW Energie & Wasser AG durch eine Änderung des Aktivkohlemanagements in Zusammenhang mit der thermischen Reaktivierung erreicht. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über den Umstellungsprozess.

von: Markus Klemann (WSW Energie & Wasser AG) & Dr. Brigitte Haist-Gulde (TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser)

Beim Einsatz von Aktivkohle im Wasserwerk gelten die Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Steinkohle (SK) als die „Allrounder“ und weisen insbesondere bei der Spurenstoffentfernung aus Oberflächenwässern und Uferfiltraten gegenüber kokosnussschalenbasierten Aktivkohlen (CC)

deutlich höhere Adsorptionskapazitäten auf (Abb. 1). Aus diesem Grund sind Aktivkohlen auf Steinkohlebasis bei den WSW Energie & Wasser AG aus Wuppertal sowohl in den Talsperrenwasserwerken Dabringhausen und Herbringhausen als auch im Rheinuferfiltratwerk Benrath seit Jahrzehnten in Festbettadsorbern im Einsatz (Abb. 2). Bei einer Erschöpfung der Adsorptionskapazität werden die beladenen SK-Aktivkohlen einer thermischen Reaktivierung unterzogen und als Reaktivate erneut eingesetzt. Die Aktivkohleverluste bei dem Reaktivierungsvorgang in Höhe von ca. 15 Prozent wurden bislang durch Frischkohle auf Rohstoffbasis SK ersetzt.

Bei Einsatz von SK-Aktivkohlen im Wasserwerk ist bei der Inbetriebnahme der Adsorber nach der Neubefüllung ein Metall-Leaching zu beobachten. Um im Filtrat der Aktivkohlefilterstufe die Qualitätsanforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) einzuhalten, können neu befüllte Filter lediglich mit geringer Durchsatzmenge betrieben werden. Insbesondere die Aluminiumkonzentrationen im Erstfiltrat sind von der Pufferung des zu behandelnden Wassers abhängig, wie dies z. B. im DVGW-Forschungsvorhaben Alu-Carbon [1] aufgezeigt wurde. In den Talsperrenwasserwerken der WSW Energie & Wasser AG werden bei der Inbetriebnahme von Aktivkohlefiltern neben Arsen und Antimon erhöhte Aluminiumkonzentrationen bis 0,3 mg/l nachgewiesen.



Quelle: TZW

Abb. 1: Vergleich des Durchbruchverhaltens von lopamidol aus Rheinuferfiltrat an Aktivkohlen auf CC- und SK-Basis im Versuchsfilter (lopamidol: 56 ng/l, DOC: 1,2 mg/l, v_F: 8 m/h)

Lieferengpässe bei Aktivkohlen auf SK-Basis im Jahr 2022 führten weiterhin zu den Überlegungen, auch für das Uferfiltratwerk Benrath Alternativen für die Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Steinkohle in Betracht zu ziehen.

Grundlagen und Ideen für ein optimiertes Aktivkohle-Management

Die hier beschriebene Ausgangssituation führte zu Überlegungen, wie der Aktivkohleeinsatz sowohl in den Talsperrenwasserwerken als auch dem Uferfiltratwerk optimiert werden könnte. Im Jahr 2019 begannen die WSW Energie & Wasser AG gemeinsam mit dem TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Möglichkeiten für einen optimierten Aktivkohleeinsatz zu entwickeln. Zusammen wurden zu Beginn zunächst verschiedene Ideen erarbeitet und diese in Voruntersuchungen geprüft, ehe sie großtechnisch umgesetzt wurden. Die Grundlagen hierfür bildeten die folgenden Fakten:

- Ein Metall-Leaching ist bei CC-basierten Aktivkohlen nicht zu beobachten [1].
- Die Adsorptionskapazität für PFAS ist bei Reaktivaten auf Rohstoffbasis CC deutlich höher als bei Frischkohlen [2].
- Aktuell werden höher aktivierte CC-Aktivkohlen angeboten, die gegenüber

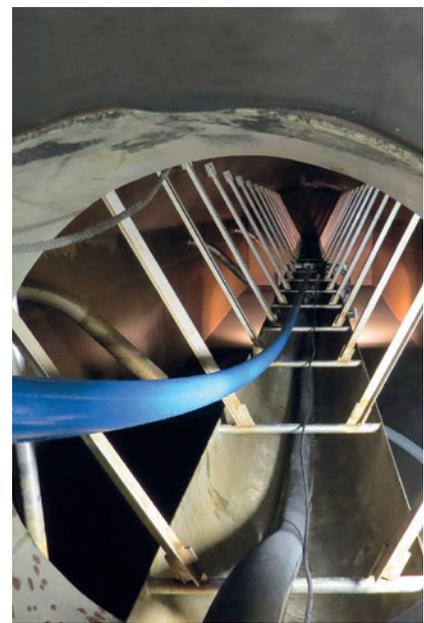
den herkömmlichen CC-Frischkohlen ein größeres Mesoporenvolumen und damit andere, denen der SK-Frischkohlen ähnliche Adsorptionseigenschaften aufweisen.

Aus diesen Fakten wurden anschließend die folgenden Schlüsse abgeleitet und Ideen fokussiert:

- Bei Einsatz CC-basierter Aktivkohlen würden in den Talsperrenwasserwerken die langen Einarbeitungsphasen entfallen.
- Die Adsorptionseigenschaften für die in den Wasserwerken relevanten Parameter von CC-Reaktivat und höher aktivierter CC-Aktivkohle im Vergleich zu den bisher eingesetzten Reaktivaten auf SK-Basis sollten bewertet werden.
- Eine zusätzliche Variante stellt das Vorgehen dar, nach jeder weiteren Reaktivierung des SK-Reaktivats den Verlust durch CC-Frischkohle zu ersetzen. Dabei ist lediglich eine geringe Verschlechterung der Adsorptionskapazität zu erwarten. Das Aluminium-Leaching würde sich nach jeder Reaktivierung abschwächen.
- Bislang wurden in den Wasserwerken stets Reaktivte SK-basierter Aktivkohlen mit und zum Teil auch ohne Frischkohleergänzung eingesetzt. Die Betriebsparameter der werkseigenen Reaktivierungsanlage waren hinsicht-

lich des eingesetzten Aktivkohletyps optimiert. Seit der Außerbetriebnahme der Reaktivierungsanlage wurden die anfallenden erschöpften Aktivkohlen bei Auftragsfirmen reaktiviert. Eine Beschränkung auf SK-basierte Aktivkohlen ist damit nicht mehr zwingend gegeben.

Zur Bewertung der Alternativen hinsichtlich der Adsorptionseigenschaften wurden grundlegende Untersuchungen an einem Granular-Carbon-Selection-Teststand (GCS-Teststand) [3] an den Werksstandorten durchgeführt. ▶



Quelle: WSW Energie & Wasser AG

Abb. 2: Aktivkohlefilter im Wasserwerk Benrath

Mit Edelstahl perfekt ausgerüstet zum hygienischen Speichern von Trinkwasser.

Eine besondere Gefährdung entsteht dort, wo Trinkwasser über eine freie Oberfläche zugänglich ist, wie z. B. Trinkwasserspeicher, Quellschächte oder Brunnenschächte.

Geprüfte einbruchhemmende Türen und Schachtabdeckungen sichern unser wichtiges Lebensmittel vor unbefugten Zugriffen.



Entdecken Sie unsere Webinare:
huber.de/webinar

✉ info@huber.de www.huber.de

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions



Ergebnisse der Voruntersuchungen

Über den Parameter SAK 254 nm wird in sämtlichen Wasserwerken die Adsorptionskapazität der Einzelfilter überwacht.

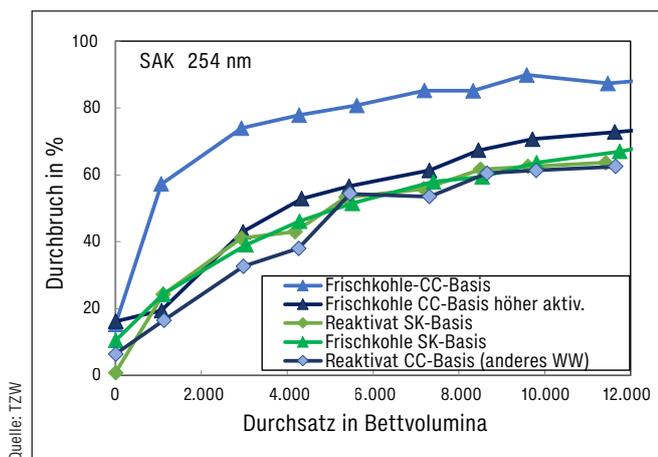


Abb. 3: Durchbruchskurven für den SAK 254 nm an Frischkohlen und Reaktivaten auf CC-Basis und SK-Basis im GCS-Teststand (SAK 254 nm: 1,0 1/m)

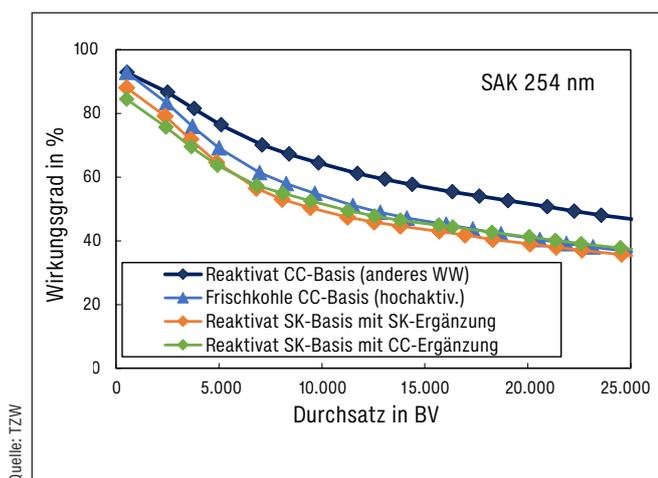


Abb. 4: Wirkungsgrad für die SAK 254-nm-Elimination für verschiedene Aktivkohlen im GCS-Teststand (SAK 254 nm: 1,5 1/m)

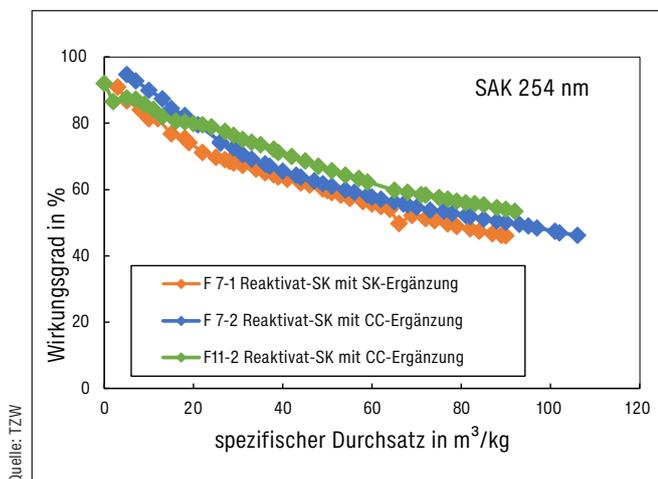


Abb. 5: Wirkungsgrad für die SAK 254-nm-Elimination für verschiedene Reaktivaten im Wasserwerk Dabringhausen (SAK 254 nm: 1,0 1/m)

In den Wasserwerken Dabringhausen und Benrath wurde daher im GCS-Teststand das Durchbruchverhalten der über den Parameter SAK 254 nm erfassten Substanzen an unterschiedlichen Aktivkohletypen ermittelt. Der GCS-Teststand lieferte Aussagen über die vergleichende Bewertung von Aktivkohlen innerhalb von etwa zwei Wochen, sodass vergleichsweise schnell und kostengünstig entsprechende Aussagen abgeleitet werden konnten. Nach den im TZW vorliegenden Erfahrungen korreliert die Abfolge des Durchbruchverhaltens unterschiedlicher Aktivkohlen hinsichtlich des Parameters SAK 254 nm näherungsweise mit derjenigen zahlreicher organischer Spurenstoffe.

Im Wasserwerk Dabringhausen wurden Frischkohlen auf Rohstoffbasis SK und CC (herkömmlich und höher aktiviert) sowie Reaktivate auf SK-Basis (aus dem Wasserwerk Dabringhausen) und CC-Basis (von einem anderen Wasserversorger) eingesetzt. Aus den dargestellten Durchbruchkurven in **Abbildung 3** können hinsichtlich der Adsorptionseigenschaften des Parameters SAK 254 nm die folgenden Aussagen abgeleitet werden:

- Der Einsatz herkömmlicher Frischkohle auf CC-Basis führt zu deutlich kürzeren Filterlaufzeiten und ist aufgrund der ungünstigen Adsorptionseigenschaften für die über den SAK 254 nm erfassten Substanzen im vorliegenden Fall nicht geeignet.
- Höher aktivierte Frischkohle auf CC-Basis zeigt gegenüber dem bislang eingesetzten Reaktivat auf SK-Basis lediglich eine geringfügig niedrigere Adsorptionskapazität für den SAK 254 nm.
- Frischkohle auf SK-Basis und Reaktivat auf SK-Basis sind vergleichbar.
- Das Reaktivat auf CC-Basis weist die höchste Adsorptionskapazität auf.

Im Wasserwerk Benrath wurden die Adsorptionseigenschaften von Frischkohle auf Rohstoffbasis CC (hoch aktiviert) mit Reaktivaten vergleichend untersucht. Dabei kamen Reaktivate auf SK-Basis mit Ergänzung von Frischkohle – SK (aus dem Wasserwerk Benrath) bzw. Frischkohle – CC sowie ein Reaktivat ausschließlich auf CC-Basis (Herkunft aus einem anderen Wasserwerk) zum Einsatz. In **Abbildung 4** sind die Durchbruchkurven als Verlauf für den Wirkungsgrad hinsichtlich der SAK-Elimination dargestellt [4]. Eine derartige Darstellung wird insbesondere bei schwankenden Zulaufkonzentrationen eingesetzt. Aus den dargestellten Durchbruchkurven können in Bezug auf die Fragestellungen hinsichtlich der Adsorptionseigenschaften des Parameters SAK 254 nm die folgenden Aussagen abgeleitet werden:

- Reaktivat – SK mit SK-Frischkohleergänzung und Reaktivat – SK mit CC-Frischkohleergänzung sind vergleichbar.
- Reaktivat – CC weist die höchste Adsorptionskapazität auf.
- Frischkohle – CC (hoch aktiviert) weist eine geringfügig höhere Adsorptionskapazität gegenüber den Reaktivaten auf.

Tab. 1: CO₂-Äquivalente für Frischkohlen und Reaktivate

Rohstoff	CO ₂ -Fußabdruck [5]	
	Frischkohle t CO ₂ /t AK	Reaktivat t CO ₂ /t AK
Steinkohle	11-18	2-3
Kokosnussschalen	5-7	1

Quelle: [5]

Großtechnische Umsetzung

Nach den Ergebnissen der Voruntersuchungen wurde im Wasserwerk Dabringhausen in ausgewählten Aktivkohlefiltern nach einer Reaktivierung der Aktivkohleverlust durch Frischkohle auf Rohstoffbasis CC ersetzt. Die dabei erreichte Aufbereitungswirksamkeit wurde mit den Ergebnissen eines früheren Filterlaufs mit Reaktivat – SK mit Ergänzung von Frischkohle auf Rohstoffbasis SK verglichen. Die Ergebnisse der Durchbruchkurven, ebenfalls dargestellt als Wirkungsgrad der Elimination der SAK-Fracht über dem spezifischen Durchsatz in **Abbildung 5**, lassen erkennen, dass durch den Einsatz von CC-basierter Frischkohle als Ergänzung des Abbrandverlustes hinsichtlich der Elimination des SAK 254 nm die gleiche bzw. sogar eine geringfügig höhere Eliminationsleistung erreicht wird.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch Untersuchungen sowohl im Kleinfiltermaßstab als auch an der Großanlage konnten Optimierungsmaßnahmen für das Aktivkohle-Management in den Wasserwerken der WSW Energie & Wasser AG bewertet werden.

Die bislang eingesetzten Aktivkohlen (Reaktivate mit Frischkohleergänzung auf Rohstoffbasis Steinkohle) weisen einerseits hohe Adsorptionskapazitäten auf, andererseits tritt in den Talsperrenwasserwerken eine deutliche Abgabe von Aluminium, Arsen und Antimon in der Inbetriebnahmephase auf.

Aktivkohlen auf Steinkohlebasis als Frischkohlen können nicht einfach durch herkömmliche Aktivkohlen auf Kokosnussschalenbasis ausgetauscht

werden. Der Einsatz hochaktivierter Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen ist aus adsorptionstechnischer Sicht zwar möglich, jedoch sind derartige Frischkohlen gegenüber den Reaktivaten deutlich teurer.

Eine Umstellung von Aktivkohlen mit Rohstoffbasis Steinkohle auf Aktivkohlen mit Rohstoffbasis Kokosnussschalen ist dadurch zu erreichen, dass die nach der Reaktivierung erforderliche Ergänzung des Abbrandverlustes durch Frischkohle auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen erfolgt. Betriebliche Nachteile in der Mischung von Aktivkohlen auf Steinkohle- und auf Kokosnussschalenbasis wurden im Rahmen der Untersuchungen nicht beobachtet und sind auch aufgrund vergleichbarer Härte und Schüttdichte dieser Aktivkohletypen nicht zu erwarten. Durch dieses bereits in den Talsperrenwasserwerken Dabringhausen und Herbringhausen praktizierte Aktivkohle-Management wird die vollständige Umstellung von Aktivkohle auf Rohstoffbasis Steinkohle auf Aktivkohle mit Rohstoffbasis Kokosnussschalen erst nach ca. sechs bis sieben Reaktivierungszyklen erreicht sein. Durch die intensiven Voruntersuchungen und die vergleichende Betrachtung großtechnischer Adsorber vor und nach der Umstellung auf die Ergänzung von Kokosnussschalen-Aktivkohlen hat die WSW Energie & Wasser Wuppertal die beste Optimierungsmöglichkeit für den Aktivkohleeinsatz in den Talsperrenwasserwerken gefunden.

Neben der kürzeren Inbetriebnahmephase für die Einzelfilter ist der Einsatz von Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen ebenfalls im Hinblick auf den CO₂-Fußabdruck vorteilhaft (**Tab. 1**). Bei Reaktivaten sind die Unterschiede zwischen Steinkohle und Kokos-

nussschalen diesbezüglich zwar deutlich geringer als bei Frischkohlen, dennoch kann eine bis zu 50-prozentige CO₂-Einsparung bei der Umstellung auf Reaktivate auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen erreicht werden. Ein entsprechendes Aktivkohle-Management für das Rheinuferfiltratwerk Benrath mit Ergänzung des Abbrandverlustes durch Aktivkohlen auf Rohstoffbasis Kokosnussschalen ist daher ebenfalls geplant. ■

Literatur

- [1] Haist-Gulde, B., Schäfer, R., Riegel, M.: Aluminiumabgabe von granulierten Aktivkohlen, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 11/2022.
- [2] Keldenich, U., Haupt, N., Schmidt, C.: Differenzierte Eignungsprüfung von Aktivkohlen auf Kokosnuss- und Steinkohlebasis zur Entfernung von perfluorierten Chemikalien (PFC) aus einem Grundwasserschaden mit Feuerlöschmitteln. Poster auf der GdCh-Jahrestagung Wasser, Neu-Ulm 2012.
- [3] Haist-Gulde, B., Baldauf, G.: Kornaktivkohlen zur Trinkwasseraufbereitung, in: DVGW energie | wasser-praxis, Ausgabe 6/2014.
- [4] Schubert, J.: Methoden zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse. 1. Beschreibung der Ergebnisse von Filterversuchen. Veröffentlichungen des Bereichs für Wasserchemie, Universität Karlsruhe, Heft 23, 1984.
- [5] Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6: Aktivkohleeinsatz auf Kläranlagen, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall, Ausgabe 12/2016.

Die Autoren

Markus Klemann ist Leiter Wasseraufbereitung und Behältermanagement bei der WSW Energie & Wasser AG in Wuppertal.

Dr. Brigitte Haist-Gulde ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Wasserversorgung, Sachgebiet Struktur- und Technologiekonzepte am TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe und Experte für Aktivkohleanwendungen zur Wasseraufbereitung.

Kontakt:

Dr. Brigitte Haist-Gulde
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Karlsruher Str. 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 9678-131
E-Mail: brigitte.haist-gulde@tzw.de
Internet: www.tzw.de