

Klaus Alt; Silke Kuhlmann; Frank Böhm

# Planungen der 4. Reinigungsstufe

Für die Kläranlagen Bad Oeynhausen und Detmold sind die Planungen für eine 4. Reinigungsstufe in vollem Gang. Wie sehen die Konzeptionen jeweils aus?



Bild 1 Kläranlage Detmold

Foto: Hydro-Ingenieure

Die 4. Reinigungsstufe in kommunalen Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen wird in Deutschland in Hinblick auf ihre Notwendigkeit in den letzten Jahren mehr und mehr diskutiert und realisiert. Die derzeit zur Anwendung kommenden Verfahren zur Elimination von Mikroschadstoffen basieren auf dem Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK), Pulveraktivkohle und/oder Ozon. Die Wahl der Verfahrenstechnik und deren planerische Aspekte sowie die Wirtschaftlichkeit stehen nach wie vor im Vordergrund aktueller Diskussionen. Anhand aktueller Projekte auf der Kläranlage Detmold (Stadt Detmold) und der Kläranlage Bad Oeynhausen (Stadtwerke Bad Oeynhausen) wird aufgezeigt, welche Ansätze bei der Festlegung der Gesamtkonzeption eine Rolle spielen. Es wird deutlich, welche Gesichtspunkte bei der Planung zu berücksichtigen sind.

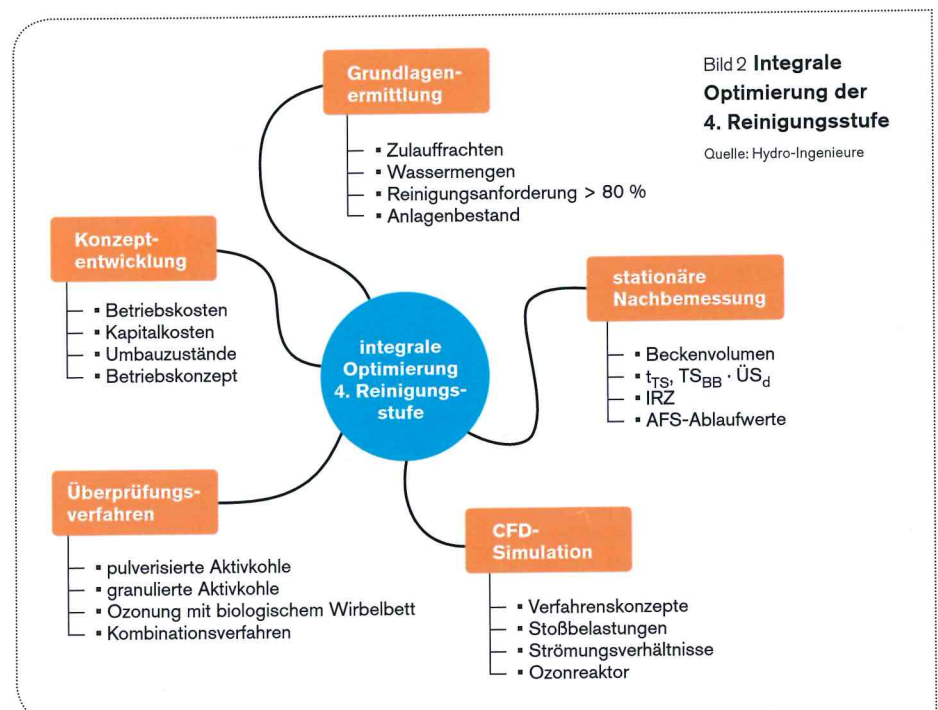
## Grundlagenermittlung und Bestandsanalyse

Eine detaillierte Erfassung des Bestandes und Klärung der Grundlagen ist Voraussetzung jeglicher Planung. Diesem wesentlichen Planungsschritt ist zu Beginn der Projektierung die notwendige Aufmerksam-

keit zu schenken, wie es die Leistungsphasen 1 und 2 der Objektplanung und die Planung der technischen Ausrüstung gemäß HOAI erfordert.

Für eine zukunftsfähige Planung einer 4. Reinigungsstufe sind alle Einflussfaktoren, wie hydraulische und verfahrenstechnische Ziele, unter Einbeziehung aller Einflüsse auf die Gesamtanlage zu berücksichtigen. Hierzu gehört nicht nur die Auswahl der Maschinen- und EMSR-Technik der zugehörigen Verfahrensstufe, sondern auch die Überlegung, inwieweit bestehende Bausubstanz sinnvoll in ein Gesamtkonzept integriert werden kann. Im Rahmen einer Grundlagenermittlung bzw. Bestandsanalyse sind im Hinblick auf die Elimination von Mikroschadstoffen folgende Aspekte von besonderer Wichtigkeit:

- Voruntersuchungen zur Mikroschadstoffelimination (Screening Zulauf Belegung und zukünftiger Zulauf 4. Reinigungsstufe)
  - die Belastungsdaten des Zulaufs der 4. Reinigungsstufe (Zulaufmenge und frachten hinsichtlich der Parameter AFS, CSB und DOC usw.)
  - Festlegung der Projektziele anhand einer verfahrenstechnischen Gesamtbetrachtung der Anlage (z. B. Elimination > 80 %)
  - eine detaillierte Aufnahme der Maschinen-, EMSR- sowie der bestehenden Bau-technik
  - die Aufnahme der Anlagenhydraulik
  - Analyse und Festlegung, inwieweit vorhandene Bausubstanz bzw. bestehende Reinigungskapazitäten zur Verfügung stehen
  - Bewertung der Reinigungsleistung bzw. Strömungsverhältnisse der Nachklärung
  - Austausch und Diskussion der Betreibererfahrungen in den letzten Jahren.
- Die Notwendigkeit der Bewertung der Reinigungsleistung der bestehenden Nachklä-



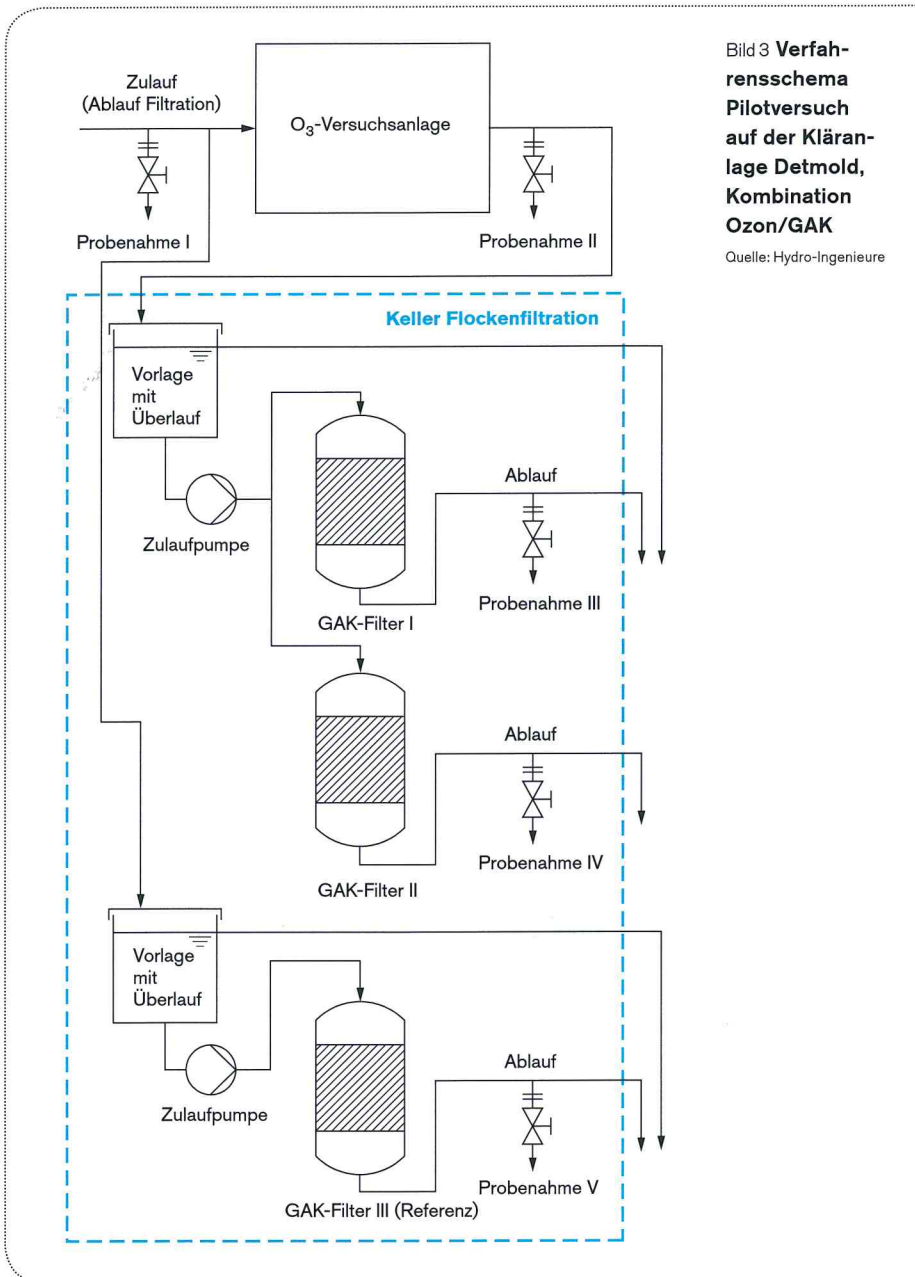


Bild 3 **Verfahrens-schemata Pilotversuch auf der Kläranlage Detmold, Kombination Ozon/GAK**  
Quelle: Hydro-Ingenieure

nung ist im Hinblick auf einen ordnungsgemäßen Betrieb der 4. Reinigungsstufe nicht zu unterschätzen. Bei Schlammabtriebs-Problemen kann eine Überprüfung der Strömungsverhältnisse anhand einer CFD-Simulation wichtige Erkenntnisse für eine ggf. notwendige Optimierung bzw. Verbesserung der Reinigungsleistung im Hinblick auf einen feststoffarmen Betrieb ergeben. Das Erfordernis von Messreihen zum Screening von Spurenstoffen oder zur ersten Einschätzung von ergänzenden Messungen vor und nach der Kläranlageneinleitung im Gewässer ist mit zusätzlichen Kosten verbunden, die insbesondere zu Projektbeginn einen nicht unerheblichen Anteil der Projektkosten einer Machbarkeitsstudie ausmachen können. Für die Auswahl der notwendigen Prozesstechnik kann die vorhandene Belastung ein entscheidendes Kriterium sein.

### Projektplanung heute

Vor dem Hintergrund des allgemeinen Kostendrucks sowie der wachsenden Anforderungen an die Planungsqualität werden zukünftig die Aufgabenbereiche des beratenden Ingenieurs entscheidend beeinflusst. Wirtschaftliche und bedarfsspezifische Lösungen zu entwickeln, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Hierbei kommt es nicht nur darauf an, neue verfahrenstechnische Entwicklungen mit ihren Vor- und Nachteilen möglichst genau zu berücksichtigen, sondern zukunftsfähige Gesamtkonzepte in den bestehenden Kläranlagenbetrieb unter Berücksichtigung eines energieeffizienten und möglichst Ressourcen schonenden Einsatzes zu integrieren.

Aufgrund der Vielzahl von laufenden Forschungsvorhaben und zunehmenden Betriebserfahrungen von im Einsatz befindli-

chen 4. Reinigungsstufen ist die Qualifikation und Erfahrung des beratenden Ingenieurs im Themenbereich der Elimination von Mikroschadstoffen besonders gefragt. Die verfahrenstechnische Lösungsfindung nur auf den Vergleich des Einsatzes von granulierter Aktivkohle, Pulveraktivkohle oder Ozon zu beziehen, würde der Aufgabenstellung und dem Ziel eines nachhaltigen Planungsergebnisses nicht gerecht. Kombinationsverfahren unter z. B. Einsatz von Ozon und granulierter Aktivkohle sind ebenfalls in eine Betrachtung und Bewertung einzubeziehen, wie nachfolgend noch erläutert wird.

Grundsätzlich sollte immer neben Neubaulösungen und dadurch bedingte Vorteile (Umbau im laufenden Betrieb deutlich einfacher usw.) auch die Verwendung vorhandener Anlagenteile betrachtet werden.

Die Kenntnisse von verfahrenstechnischen Neuentwicklungen zur Integration in bestehende Prozesse machen deutlich, dass insbesondere der Erfahrungsaustausch mit unseren europäischen Nachbarn bzw. auf internationaler Ebene zukünftig auch im Bereich der Spurenstoffelimination an Bedeutung gewinnen wird. Der fachliche Austausch und die Pflege der Netzwerke der jeweiligen Betreiber/Ingenieurbüros machen es zukünftig leichter, auf aktuelle Trends/Entwicklungen frühzeitig einzugehen und im Hinblick auf bedarfsgerechte Anwendungen in Deutschland zu überprüfen. Der integrale Denkansatz zur technischen Optimierung des Gesamtkonzepts einer 4. Reinigungsstufe ist heutzutage sinnvoll und notwendig (Bilder 2 und 3) /3, 5/.

### Pilotierung Ozon und GAK der Kläranlage Detmold

Die Kläranlage Detmold (Bild 1) besteht aus einer mechanisch-biologischen Reinigungsstufe, deren wesentliche Grundlagen und Randbedingungen wie folgt beschrieben werden:

- Ausbaugröße: 135.000 EW
- Trockenwetterzufluss: 301 l/s
- Mischwasserzufluss: 771 l/s
- mechanische Reinigungsstufe:
  - Rechenanlage, 2-straßiger Sandfang,
  - 1-straßige Vorklärung
- Belebungsanlage: V = 15.000 m<sup>3</sup> mit vorgeschalteter Denitrifikation und 4 Rundnachklärbecken
- Flockungsfiltrationsstufe: 12 Filter á 18,8 m<sup>2</sup>, gesamt 225,6 m<sup>2</sup>
- Schlammbehandlung mit Faulung.

### Verfahrenstechnische Lösungsansätze

Im Jahr 2012 wurden in einer Machbarkeitsstudie die verschiedenen verfahrenstechnischen Lösungen – der Einsatz von granu-



Bild 4 Luftbild der Kläranlage in Bad Oeynhausen

Quelle: Hydro-Ingenieure

lierter Aktivkohle (GAK), pulverisierter Aktivkohle sowie Ozon – überprüft und im Hinblick auf technische Machbarkeit bewertet.

Das Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsüberprüfung sowie eine Abwägung der Vor- und Nachteile ergab als Vorzugsvariante den Einsatz einer Ozonanlage zwischen Nachklärung und bestehender Flockungsfiltrationsanlage.

Gemeinsam mit der Hochschule Ostwestfalen-Lippe (OWL), Detmold, wurde über einen Zeitraum von vier Monaten in einer halbtechnischen Versuchsanlage die Auslegungparameter, wie z. B. die Kontaktzeit des Ozonreaktors und die erforderliche Ozondosis unter Berücksichtigung der Gesamteliminationsleistung, detailliert untersucht. Im Vergleich der Kläranlage Detmold mit verschiedenen anderen Kläranlagen in

Nordrhein-Westfalen zeigt sich, dass die Mikroschadstoffbelastung des Kläranlagenablaufs des ZKA Detmold teilweise signifikant höher lag. Auf Basis der ermittelten Daten konnte die großtechnische Ozonanlage ausgelegt werden. Die Kontaktzeit des Ozonreaktors wurde mit einer ausreichenden Sicherheit auf mindestens 15 Minuten angesetzt, während die Auslegung der Ozonproduktion auf eine Ozondosis von max. 7,5 mg O<sub>3</sub>/l von Seiten der Hochschule OWL empfohlen wurde. Die empfohlene Ozondosis liegt damit etwas höher als die allgemein bekannten Ansätze, wodurch sichergestellt werden sollte, dass für den Fall einer hohen Belastung des Abwassers mit Mikroschadstoffen genügend Reserven bereit stehen. Darüber hinaus zeigten die Untersuchungsergebnisse, dass die Ozonung neben der Elimination der Mikroschadstoffe auch zur Hygienisierung des Kläranlagenablaufs beiträgt, da weder *Escherichia coli*, noch koliforme Keime oder Enterokokken im Ablauf der Ozonung nachgewiesen werden konnten /6/.

Im Laufe des Forschungsvorhabens der halbtechnischen Untersuchung ergab sich die Fragestellung, inwieweit die Kombina-



Bild 5 Untersicht Filterdüsenboden mit Lufteintragskasten

Quelle: Hydro-Ingenieure



Bild 6 Spülbildkontrolle

Quelle: Hydro-Ingenieure



Bild 7 Zulaufpumpwerk

Quelle: Hydro-Ingenieure

tion des Einsatzes von Ozon und granulierter Aktivkohle eine wirtschaftlich interessante und betriebssichere Alternative zum Einsatz der alleinigen Ozonung darstellen könnte und mit welchen Vorteilen diese Verfahrenskombination verbunden ist (siehe Bild 3). Einer der wesentlichen Untersuchungsinhalte während des derzeit laufenden Forschungsvorhabens ist die Frage, wie sich die Reinigungsleistung auf die Elimination von Mikroschadstoffen auswirkt und welche Betriebskosten (Ozondosis  $O_3/m^3$ , Standzeit GAK) mit der Verfahrenskombination zu erreichen sind. Darüber hinaus wird die Ökotoxizität des mit Ozon behan-

delten Abwassers durch die nachgeschaltete Aktivkohlefiltration bewertet, um in Verbindung mit vorgenannten Sachverhalten zu einem Gesamtergebnis für die Wahl der geeigneten Verfahrenstechnik für eine großtechnische Lösung auf der Kläranlage Detmold zu gelangen. Die Pilotanlage ist bereits in Betrieb. Ergebnisse werden bis Ende des Jahres 2016 erwartet.

#### Spurenstoffprojekt auf den Klärwerk Bad Oeynhaus

Das Klärwerk Bad Oeynhaus (Bild 4) wurde im Jahr 1995 aufgrund verschärfter

Einleitbedingungen um eine biologische Reinigungsstufe erweitert. Die wesentlichen Grundlagen und Randbedingungen des Klärwerks:

- Ausbaugröße: 78.500 EW
- Trockenwetter: 308 l/s
- Mischwasser: 616 l/s
- mechanische Reinigungsstufe (Rechenanlage, 1-straßiger Sandfang, 1-straßige Vorklärung)
- Belebungsanlage ( $V = 15.400 m^3$ ) mit vorgeschalteter Denitrifikationsstufe und 12 Nachklärbecken
- Flockungsfiltrationsstufe (8 Filter à  $37 m^2$ , gesamt  $296 m^2$ )
- Schlammbehandlung mit Faulung.

#### Verfahrenstechnische Lösungsansätze

Die Flockungsfiltrationsanlage des Klärwerkes Bad Oeynhaus wurde im Jahr 1995 als abwärts durchströmte Filtration realisiert. Der Filteraufbau besteht aus einer Schichthöhe mit 0,9 m Anthrazit, 0,7 m

## LESERSERVICE

Sie können wwt-Artikel in der Genios-Datenbank recherchieren und herunterladen.

mehr unter [wwt-online.de](http://wwt-online.de)

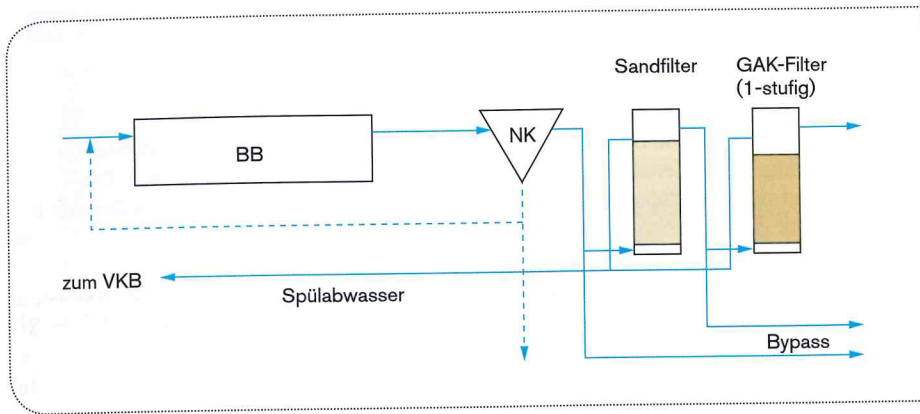


Bild 8 Verfahrensfließbild der Variante 2, GAK hinter der Flockungsfiltrationsanlage

Quelle: Hydro-Ingenieure

Basalt und einer 50 cm hohen Stützschrift mit einer Kornfraktion von 4,5 bis 8,0 mm. Eine Bestandsaufnahme bzw. Schwachstellenanalyse der Flockungsfiltration machte deutlich, dass im Bereich der Rohrleitungstechnik und dem Filteraufbau usw. Sanierungsbedarf gegeben ist.

Insbesondere Schäden an den Düsenbodenplatten und eine geringe Filterdüsenzahl (45 Stück/m<sup>2</sup>/unregelmäßiges Spülbild) ergaben einen Investitionsbedarf von brutto ca. 150.000 €/10/.

Die Sanierung wesentlicher Teile der maschinentechnischen und bautechnischen Komponenten der bestehenden Flockungsfiltrationsanlage ist ein erster Schritt auf dem Weg zur großtechnischen Untersuchung des Einsatzes von granulierter Aktivkohle. Bei der Sanierung der Filterzellen für und die Flockungs- und GAK-Filtration wurde ein besonderes Augenmerk auf eine optimierte Spülbarkeit gelegt. Beide Stufen innerhalb einer Filteranlage konkurrieren um das im Bestand verfügbare Spülwasservolumen des Filtratbehälters, was in Fällen höherer AFS-Beaufschlagung der Flockungsfilter grundsätzlich zu Engpässen führen könnte. Daher ist ein Filterdesign erforderlich, bei dem die Spüleffektivität maximiert und der Spülwasserbedarf minimiert wird. Grundvoraussetzung hierfür ist die hydraulisch/pneumatisch möglichst homogene Verteilung der Spülmedien über der Filterfläche, für die schon beim Eintritt der Spülmedien in den Raum unterhalb des Düsenbodens die Voraussetzungen geschaffen werden müssen, wie Bild 5 zeigt. Von den acht bestehenden Filterzellen wurden zwei saniert und hinsichtlich der abwassertechnischen Anbindung und der Steuerung so modifiziert, dass diese unabhängig von der Bestandsanlage beschickt werden können. In Bild 7 sind die neuen Beschickungspumpen kurz nach Fertigstellung und Anbindung an die zugehörige neue Rohrleitungstechnik zu sehen. Die Pumpen wurden in der Rohrgalerie der bestehenden Filtration eingebaut und die Filterdüsenböden zweier Filterzellen komplett

abgebrochen.

Die neu installierten Filterdüsenböden sind hinsichtlich der Schlitzweite und Anzahl der Filterdüsen auf den Einsatzzweck optimal ausgelegt. Vorausgegangen war eine Sanierungsplanung der Filtration unter Berücksichtigung der Belange der Tragwerksplanung und der verfahrenstechnischen Erfordernisse des Normal- und Spülbetriebs einer konventionellen Filterzelle der Flockungsfiltration und einer Aktivkohlefilterzelle.

Ergebnis der vorausgegangenen Vorplanung (2012) war unter anderem, dass sich die Stadtwerke Bad Oeynhausen aufgrund der Wirtschaftlichkeit sowie der betrieblichen Vorteile für den Einsatz von granulierter Aktivkohle in einem Pilotversuch entschlossen haben. Eine mögliche großtechnische Umsetzung einer Anlage mit granulierter Aktivkohle ist im Lageplan gemäß Bild 8 dargestellt.

Positive Erfahrungen auf nachfolgenden Kläranlagen zum Einsatz der granulierten Aktivkohle in einem Pilotversuch oder im großtechnischen Betrieb untermauerten die Entscheidung der Stadtwerke Bad Oeynhausen:

- Obere Lutter, 300.000 EW, 5 Filterzellen mit erfolgreichem Betrieb der granulierten Aktivkohle, in Betrieb seit 5 Jahren (2011) /1, 4/
- Gütersloh-Putzhagen, 200.000 EW, Pilotierung seit 2013 /2/
- Stadt Harsewinkel, 55.000 EW, erfolgreiche Pilotierung in 2013, positive Entscheidung für großtechnische GAK-Lösung in 2015
- Wuppertal-Buchenhofen, 600.000 EW, großtechnische Untersuchung und Vergleich von pulverisierter und granulierter Aktivkohle unter Betrieb von 18 Monaten /7/.

Der geplante Versuchsbetrieb in Bad Oeynhausen über die Dauer von zwölf Monaten soll folgende Fragen beantworten:

- Werden z.B. für die Leitparameter Carbazepin, Diclofenac Bettvolumen von mehr als 8.000 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> erreicht, was einer

Standzeit im Mittel von zehn Monaten entspricht (Ansatz Machbarkeitsstudie)

- Plausibilitätsüberprüfung der im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aus dem Jahr 2012 angesetzten Betriebskosten als Grundlage für die Entscheidung der weiteren Vorgehensweise
- Bewertung des Betriebsaufwands zum Einsatz der granulierten Aktivkohle im Dauerbetrieb.

Zum Abschluss der Pilotierung ist geplant, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus dem Jahr 2012 mit den erzielten Ergebnissen aus den großtechnischen Untersuchungen zu überprüfen, um eine Entscheidungsgrundlage für eine nachhaltige Investitionsstrategie der 4. Reinigungsstufe auf der Kläranlage Bad Oeynhausen zu erzielen.

#### LITERATUR

- /1/ Alt, K.; Mauer, C.; Nahrstedt, A.; Burbaum, H.; Stürder, T.; Fritzsche, J.: Einsatz granulierter Aktivkohle auf dem Verbandsklärwerk „Obere Lutter“. In: KA Korrespondenz Abwasser, Ausgabe 05/2014
- /2/ Grömping M.; Schröder K.: Granulierte Aktivkohle in Gütersloh Putzhagen, DWA Praxisseminar Köln, Strategien zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen, 21. 5. 2014
- /3/ Alt, K.: Planung von Kläranlagen im Lichte heutiger Anforderungen, 48. Essener Tagung, 2015
- /4/ Alt, K.: Einsatz von granulierter Aktivkohle zur Elimination von Spurenstoffen - Ergebnisse, Betrieb, Kosten; Projekt „Elimination von Spurenstoffen durch granuliert Aktivkohle (GAK)-Filtration in Kombination mit einer Ozonung“, eawag, 23. 9. 2015, Zürich/Schweiz
- /5/ Alt, K.; Heuner, F.; Barnscheidt, I.: Energetische und wirtschaftliche Betrachtung der Spurenstoffelimination. In: wwt, Ausgabe 03/2015
- /6/ Alt, K.; Meier, J. F.; Austermann-Haun, U.; Kuhlmann, S.: Pilotprojekt zur Mikroschadstoffelimination mittels Ozonung auf der ZKA Detmold. In: KA Korrespondenz Abwasser, Ausgabe 01/2016
- /7/ Böhm, F.; Alt, K.; Kolisch, G.; Taudien, Y.; Bornemann, C.; Nahrstedt, A.: Einsatz von pulverisierter und granulierter Aktivkohle in Wuppertal Buchenhofen, Teil 1: Übertragbarkeit, Betriebskonzepte und Kosten. In: KA Korrespondenz Abwasser (Veröffentlichung in Vorbereitung)

#### KONTAKT

**Hydro-Ingenieure  
Planungsgesellschaft für Siedlungs-  
wasserwirtschaft mbH**  
Dipl.-Ing. Klaus Alt  
Stockkampstraße 10  
40477 Düsseldorf  
www.hydro-ingenieure.de