Dr. Steffen Metzger; Dipl.-Ing. Annette Rößler; Dr. Jochen Türk; Dr. Demet Antakyali;
M. Sc. Juliane Schulz; Dr. Pascal Wunderlin; M. Sc. Aline Meier

Status quo der Erweiterung von Kläranlagen um eine Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination

Für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen stehen mittlerweile geeignete Verfahren zur Verfügung, die bereits teilweise zur Anwendung kommen. Bislang gibt es keine allgemeingültigen Vorgaben zu deren Dimensionierung. Zugleich resultieren aus dem Betriebsalltag Fragen, die im Hinblick auf den Ausbau weiterer Kläranlagen zu beantworten sind.

Bild 1 **Pulveraktivkohleanwendung auf der Kläranlage Steinhäule, Ulm/Neu-Ulm**

Das Vorkommen von organischen Spurenstoffen (Rückstände von Arzneimitteln, Kosmetika, Reinigungsmitteln, Pflanzenschutzmitteln und weiterer Umweltchemikalien) im Wasserkreislauf ist in den letzten beiden Jahrzehnten vermehrt in den Fokus der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion gerückt. Als ein bedeutender Eintragspfad für die auch als Mikroschadstoffe bezeichneten Substanzen in die Gewässer werden kommunale Kläranlagen angesehen. Weitere Einträge erfolgen durch Mischwasserentlastungen, industrielle Punktquellen oder auch durch diffuse Quellen wie beispielsweise die Landwirtschaft, undichte Kanäle oder belastete Standorte (Deponien) /1, 2/.

Aus Laborversuchen ist bekannt, dass bereits durch geringe Konzentrationen einzelner Stoffe Wirkungen im Organismus aquatischer Lebewesen hervorgerufen werden können /3/. Für die Summe der Stoffe kann die Wirkung auf die Umwelt bislang allerdings kaum abgeschätzt werden. Daher kann nach derzeitigem Kenntnisstand nicht ausgeschlossen werden, dass, insbesondere bei Gewässern mit hohem Abwasseranteil, Konzentrationen auftreten, die zu nachteiligen Auswirkungen auf Wasserlebewesen führen können. Nicht nur aus Vorsorgegründen, sondern auch im Hinblick auf die Bedeutung von Oberflächengewässern als Trinkwasserressourcen, gilt es daher den Eintrag von anthropogen bedingten Spurenstoffen in die aquatische Umwelt zu vermindern /4/. Aufgrund der Vielfalt der Stoffe sowie der unterschiedlichen Eintragspfade bedarf es hierzu Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen. Vorrangig sind sie direkt an der Quelle

umzusetzen, wie beispielsweise bei der Entwicklung und Zulassung von Stoffen, durch betriebliche Minderungsmaßnahmen oder durch die sachgerechte Entsorgung von Altarzneimitteln über den Hausmüll oder die Apotheke. Der Eintrag von Industriechemikalien und Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer kann häufig über Emissionsanforderungen, die Einhaltung des Standes der Technik sowie Beschränkungen und Verbote reduziert werden. Bei Stoffen aus dem häuslichen Umfeld, wie beispielsweise Arzneimittel, Lebensmittelzusatzstoffe, synthetische Duftstoffe oder auch Korrosionsschutzmittel ist dies nur bedingt möglich. Diese Stoffe gelangen zumeist nach ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch über das Abwasser in die kommunalen Kläranlagen, wo viele Spurenstoffe mit den bestehenden Reinigungsverfahren nur unzureichend eliminiert werden. Der Ausbau von Kläranlagen stellt daher eine mögliche Maßnahme zur Reduzierung des Eintrags von Spurenstoffen in die Gewässer dar.

Aus verschiedenen Projekten geht hervor, dass sich für die gezielte Spurenstoffelimination auf Kläranlagen derzeit Verfahren mit Einsatz von Ozon oder Aktivkohle als am besten geeignet erweisen. Die technische Realisierbarkeit und ein stabiler Betrieb dieser Verfahren wurden bereits an mehreren Standorten nachgewiesen /1, 5, 6/.

In der Schweiz wurde durch die Änderung des Gewässerschutzgesetzes im Jahr 2014 die Grundlage für eine befristete Abwasserabgabe zur verursachergerechten Finanzierung des Ausbaus von ausgewählten Kläranlagen geschaffen. Das Gesetz wird per 1. Januar 2016 in Kraft treten. Gegenwärtig geht es um die Erarbeitung konkreter Regelungen für die Umsetzung. Während in der Schweiz die Einführung von Maßnahmen zur Spurenstoffelimination auf ausgewählten Kläranlagen somit breit abgestützt und akzeptiert ist, wird das Thema in Deutschland derzeit noch weiter kontrovers diskutiert /7 bis 11/. In Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen wurden bereits einige Kläranlagen unterschiedlicher Größenordnung um eine Stufe zur Spurenstoffelimination erweitert.

Parallel zum Ausbau der Kläranlagen wurde in der Schweiz die Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“, die dem Verband der Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) angegliedert ist, in Baden-Württemberg das Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW sowie in Nordrhein-Westfalen das Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW geschaffen. Die aus der Planung und dem Betrieb der im Bereich der kommunalen Abwasserreinigung neuen Techniken resultierenden Erfahrungen werden dort koordiniert gesammelt und aufgearbeitet, um sie bei weiteren Projekten miteinfließen lassen zu können.

Umsetzung von Verfahren zur gezielten Spurenstoffelimination

Verfahrenswahl

Grundsätzlich kann sowohl mit dem Einsatz von Ozon als auch mit der Anwendung von Aktivkohle ein breites Spektrum an gelösten organischen Spurenstoffen aus dem Abwasser eliminiert werden. Die Entscheidung, welches dieser Verfahren auf einer bestimmten Kläranlage zum Einsatz kommen soll, ist von mehreren Faktoren abhängig. Nachfolgend sind einige der wichtigsten Aspekte dargelegt.

Abwasserzusammensetzung: Im Zuge der Verfahrenswahl gilt es zu prüfen, ob im Abwasser Stoffe enthalten sind, die die Anwendung einer Ozonung möglicherweise ausschließen. Hohe Bromid-Konzentrationen begünstigen beispielsweise die Bromat-Bildung durch die Behandlung mit Ozon. Für eine frühzeitige Überprüfung der Eignung eines spezifischen Abwassers wurde daher ein modular aufgebautes Testverfahren entwickelt /12/. Für die Ozonung ungeeignete Abwässer können somit frühzeitig identifiziert werden.

Beim Betrieb von adsorptiven Verfahren werden die aus dem Abwasser entfernten Stoffe an die Aktivkohle angelagert. Um eine vollständige Eliminierung der adsorbierten Spurenstoffe sicherzustellen muss die Aktivkohle nach deren Gebrauch entweder verbrannt oder regeneriert werden.

Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass es mit zunehmendem Gehalt an gelöster Restorganik einer höheren Dosiermenge an Ozon bzw. Aktivkohle bedarf, um Spurenstoffe aus dem Abwasser zu eliminieren. So kann im Rahmen der Verfahrenswahl mit Hilfe von Laboruntersuchungen die zur Erlangung eines gewünschten Reinigungseffektes notwendige Dosiermenge bestimmt werden. Für den Einsatz von Ozon kann über die Ozon- und OH-Radikal-Exposition des zu behandelnden Abwassers anhand der bekannten Reaktionskonstanten der Spurenstoffabbau abgeschätzt werden. Kleinfiltersäulentests nach dem RSSCT-Prinzip sind geeignet, um das erreichbare Bettvolumen einer granulierten Aktivkohle zu bestimmen /13, 14/. Für die Anwendung von Pulveraktivkohle (PAK) kann mit Hilfe von Rührversuchen die Eignung eines Aktivkohleproduktes überprüft oder auch die notwendige Kontaktzeit eruiert werden.

Nachbehandlung: Nach derzeitigem Wissensstand bedarf es sowohl bei der Ozonung als auch beim Einsatz von PAK im Anschluss an das eigentliche Verfahren zur Spurenstoffentnahme einer Nachbehandlung des Abwassers. Im Fall der Ozonung dient diese dem biologischen Abbau der gebildeten Transformationsprodukte, wohingegen beim Einsatz von PAK hierdurch ein weitestgehender Partikelrückhalt sichergestellt wird.

Positive Zusatzreinigungseffekte: Im Zuge der Umsetzung einer Stufe zur Spurenstoffelimination gilt es zu berücksichtigen, dass mit den verschiedenen Verfahren neben der Elimination von Spurenstoffen weitere Reinigungseffekte erlangt werden können: So kann beispielsweise bei der Anwendung von Ozon zusätzlich eine desinfizierende Wirkung bzw. beim Einsatz von Aktivkohle eine Minderung der gelösten Restorganik erzielt werden. Die Notwendigkeit der Fällmittelzugabe bei nachgeschalteten Verfahren zur PAK-Anwendung kann eine zusätzliche Phosphor-Elimination begünstigen.

Platzbedarf: Im Hinblick auf den Platzbedarf gilt es zu beachten, dass sich die Verfahren

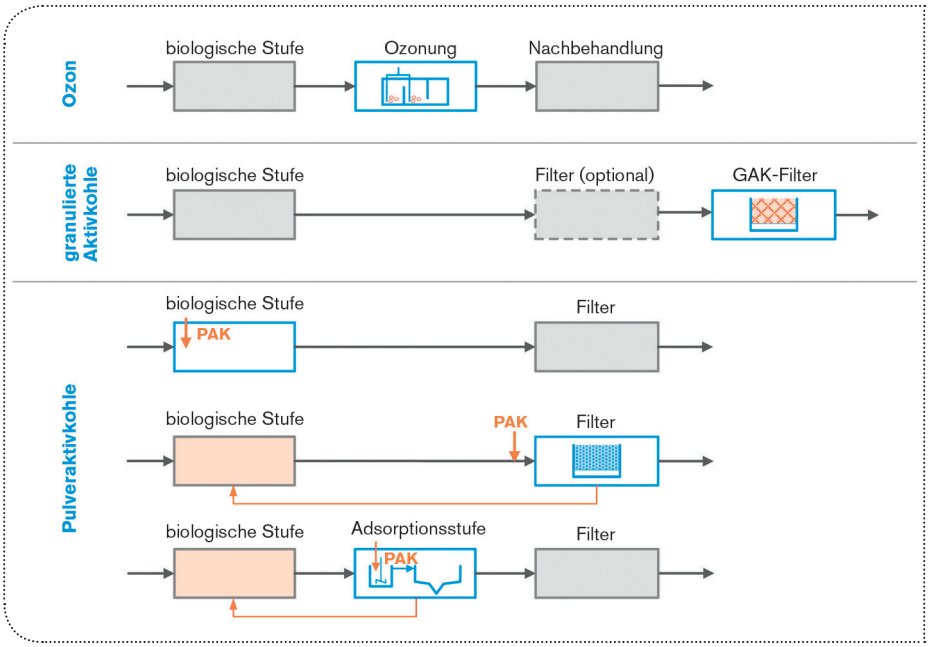

Bild 2 **Anordnung von Verfahren zur Spurenstoffelimination innerhalb einer Kläranlage**

Tab. 1 **Stand realisierter Ozonanlagen**

Kläranlage		Ozonung						Nach-behandlung
Name, Land	Ausbau-größe als EW	Zustand	Jahr der Inbetrieb-nahme	Voll-/ Teilstrom	behandel-bare Zulauf-wassermenge	minimale Aufenthalts-zeit im Kon-taktreaktor	Eintrag-system Ozon	Verfahrenstechnik
Bad Sassendorf, D	13.000	in Betrieb	2009	Vollstrom	181 l/s	13 min	Diffusor	Schönungsteich
Duisburg-Vierlinden, D	30.000	in Betrieb	2011	Vollstrom	111 l/s	30 min	Injektor	Wirbelbett
Neugut, CH	150.000	in Betrieb	2014	Vollstrom	660 l/s	13 min	Diffusor	Sandfilter

Tab. 2 **Stand realisierter Pulveraktivkohleanlagen**

Kläranlage		separate Adsorptionsstufe							Nach-behandlung
Name, Land	Ausbau-größe als EW	Zustand	Jahr der Inbetrieb-nahme	Voll-/ Teilstrom	behan-delbare Zulauf-wasser-menge	Kontakt-becken	Sedimentations becken		Filtertyp
						minimale Aufent-haltszeit	minimale Aufenthalts-zeit	maximale Oberflächen-beschickung	
Albstadt-Ebingen, D	125.000	in Betrieb	1992	Vollstrom	980 l/s	78 min	0,6 h	6,7 m/h	Sandfilter
Lautlingen, D	36.000	in Betrieb	1992	Vollstrom	225 l/s	27 min	0,4 h**	k. A.	Sandfilter
Hechingen, D	57.200	in Betrieb	1999	Vollstrom	400 l/s	27 min	0,3 h**	1,5 m/h	Sandfilter
Kressbronn-Langenargen, D	24.000	in Betrieb	2011	Vollstrom	250 l/s	35 min	2,6 h	1,6 m/h	Sandfilter
Stockacher Aach, D	43.000	in Betrieb	2011	Teilstrom	250 l/s	57 min	1,0 h**	0,8 m/h	Sandfilter
Sindelfingen, D	250.000	in Betrieb	2011	Teilstrom	1.000 l/s	30 min	2,0 h	2,0 m/h	Sandfilter
Langwiese, D	184.000	in Betrieb	2013	Vollstrom	1.100 l/s	57 min	2,1 h	1,9 m/h	Sandfilter
Steinhäule, D	440.000	in Betrieb	2014	Teilstrom*	1.600 l/s	42 min	2,5 h	1,7 m/h	Sandfilter
Lahr, D	100.000	in Betrieb	2015	Teilstrom	350 l/s	47 min	2,8 h	1,4 m/h	Tuchfilter
Dülmen, D	55.000	in Betrieb	2015	Teilstrom	200 l/s	22 min	k. A.	2,0 m/h	Sandfilter
Herisau Bachwis, CH	34.000	in Betrieb	2015	Teilstrom	170 l/s	30 min	2,0 h	2,0 m/h	Sandfilter
Laichingen, D	35.000	in Bau	2015	Teilstrom	150 l/s	30 min	1,4 h**	1,7 m/h	Tuchfilter
Mannheim, D	725.000	in Bau	2016	Teilstrom	1.500 l/s	41 min	2,2 h	1,1 m/h	Sandfilter

*Ausbau zur Vollstrombehandlung erfolgt bis zum Jahr 2020 **mit Lamellenabscheidern

zur Spurenstoffentfernung in der Anzahl sowie in der Größe der notwendigen Bauwerke unterscheiden. Ebenso gibt es Unterschiede beim Platzbedarf der möglichen Nachbehandlungsverfahren.

Bestehende Infrastruktur: Die Entscheidung für ein Verfahren hängt von den Möglichkeiten zur Implementierung des Verfahrens in die Kläranlage ab. So können gegebenenfalls vorhandene Bauwerke wie z. B. Becken oder Filteranlagen zur Realisierung einer Verfahrenstechnik genutzt werden.

Ausbaugröße

Bislang gibt es in Deutschland keine Vorschriften zur Dimensionierung einer Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination. Gegenwärtig liegen auch noch keine verbindlichen Vorgaben bezüglich des einzuhaltenden Reinigungseffekts vor. Da die Größe der erforderlichen Bauwerke, unabhängig vom angewandten Verfahren, primär durch den zu behandelnden Abwasserstrom bestimmt wird, erfolgt in Deutschland die Umsetzung der neuen Stufe aus ökonomischen Gründen bislang oftmals als Teilstrombehandlung, wobei in jedem Fall die Behandlung des Trockenwetterzuflusses sichergestellt ist. Auswertungen ergaben, dass mit der Auslegung der neuen Reinigungsstufe auf den halben maximal zu behandelnden Mischwasservolumenstrom meist schon rund 85 % der jährlich biologisch gereinigten Abwassermenge gezielt behandelt werden kann /15/.

Auf Basis der Erfahrungen nordrhein-westfälischer Ingenieurbüros und deren Ergänzung um Erkenntnisse aus der Literatur hat das Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe. NRW eine „Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination“ erstellt /5/. Dabei wird von einer Elimination der anlagenspezifischen Leitparameter um 80 % ausgegangen.

In der Schweiz wird im Rahmen einer Projektgruppe der VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“ gegenwärtig ebenfalls eine Dimensionierungsempfehlung erarbeitet. Ein wichtiger Aspekt, den es bei der Auslegung in der Schweiz zu beachten gilt, ist die Einhaltung der gesetzlich geforderten Eliminationsleistung von 80 % gegenüber Rohabwasser. Grundsätzlich soll der biologisch gereinigte Abwasserstrom in der Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination behandelt werden.

Verfahrensmöglichkeiten und deren Realisierung

Die jeweilige Anordnung der verschiedenen Verfahren innerhalb des Abwasserreinigungspfads einer Kläranlage werden nachfolgend aufgezeigt (Bild 2). Die verfahrenstechnischen Umsetzungen erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Ozonung

Die verfahrenstechnische Anwendung von Ozon (O_3) erfolgt der biologischen Reini-

Tab. 3 **Stand realisierter GAK-Filteranlagen**

Kläranlage		Vorbehandlung	granulierter Aktivkohlefilter							
Name, Land	Ausbaugröße als EW	vorgeschalteter Filter	Zustand	Jahr der Inbetriebnahme	Voll-/ Teilstrom	behandelbare Zulaufwassermenge	Ausbildung	Fließrichtung Abwasser	max. Filtergeschwindigkeit	Schichthöhe GAK
Gütersloh-Putzhagen, D	150.600	–	in Betrieb	2013	Teilstrom	117 l/s	Festbett	aufwärts	10 m/h	3,0 m
Obere Lutter, D	380.00	–	in Betrieb	2014	Teilstrom	667 l/s	Festbett	aufwärts	8 m/h	2,5 m
Rietberg, D	46.500	–	in Betrieb	2014	Teilstrom	100 l/s	kontinuierlich gespült	aufwärts	6 m/h	3,5 m
Westerheim, D	5.500	Sandfilter	in Bau	2016	Teilstrom	22 l/s	Festbett	abwärts	7,5 m/h	3,5 m

gungsstufe nachgeschaltet (Bild 2). Dabei wird das gasförmige Ozon in das Abwasser eingetragen und folglich mit den Spurenstoffen in Kontakt gebracht, die dadurch oxidiert und unschädlich gemacht werden. Für einen effizienten Betrieb einer Ozonanlage ist eine gut funktionierende Nachklärung unerlässlich, da abfiltrierbare Stoffe ebenfalls Ozon zehren und somit den Ozonverbrauch erhöhen. Zudem reagiert Ozon mit Nitrit, weshalb eine stabile Nitrifikation in der vorausgehenden biologischen Stufe von Vorteil ist.

Der verfahrenstechnische Aufbau einer Ozonung beinhaltet einen Kontaktreaktor, einen Ozonerzeuger, ein Eintragssystem (Injektor oder Diffusor), eine Abluftbehandlung für die Zerstörung des überschüssigen Ozons in der Abluft sowie die notwendige MSR- und Sicherheitstechnik.

Das Reaktorvolumen ist unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeit des Abwassers im Reaktor und der Dauer bis zur vollständigen Ozonzehrung festzulegen. Bei den bisher realisierten Anlagen wurden für die Dimensionierung des Kontaktreaktors minimale Aufenthaltszeiten zwischen 13 und 30 Minuten gewählt (Tab. 1).

Bei der Ozonung entstehen durch die Oxidation Umwandlungsprodukte. Biologische Untersuchungen haben vereinzelt direkt nach der Ozonung negative Effekte gezeigt, die vermutlich auf labile Reaktionsprodukte zurückzuführen waren. Diese negativen Effekte konnten mit einer biologischen Nachbehandlung eliminiert werden, weshalb eine solche nach derzeitigem Kenntnisstand als notwendig erachtet wird.

Zu den positiven Nebeneffekten einer Nachbehandlung nach einer Ozonung gehören insbesondere

- die zusätzliche Sicherheit, dass kein ozonbelastetes Abwasser die Kläranlage verlässt
- die Verringerung weiterer Parameter wie beispielsweise der Gehalt an DOC und an abfiltrierbaren Stoffen sowie
- der Abbau von assimilierbarem organischen Kohlenstoff, der in der Ozonung erzeugt wird (Verminderung der Sauerstoffzehrung im Gewässer).

Den bestehenden Ozonanlagen ist zur Nachbehandlung des Abwassers entweder ein Sandfilter, ein Schönungsteich oder ein Wirbelbett nachgeschaltet (Tab. 1). Über die Kombination „Ozonung mit Sandfiltration“ liegen bereits aus verschiedensten Forschungsprojekten Erfahrungen vor /16, 17/. In laufenden Projekten, wie beispielsweise dem ReTREAT-Projekt auf der Kläranlage Neugut oder den Versuchen mit granulierter Aktivkohle auf der Kläranlage Bülach, wird derzeit die Eignung des Wirbelbetts, der Festbettbiologie als auch die Anwendung von granulierter Aktivkohle in Kombination mit einer vorgeschalteten Ozonung untersucht.

Pulverförmige Aktivkohle

Bei den Verfahren zur Anwendung von Pulveraktivkohle (PAK) wird diese mit dem zu reinigenden Abwasser in suspendierter Form in Kontakt gebracht. Für die Anlagerung der Spurenstoffe an die Oberfläche der Aktivkohle bedarf es einer ausreichend langen Kontaktzeit. Die beladene PAK muss anschließend wieder vom gereinigten Abwasser abgetrennt werden.

Zur Anwendung von PAK existieren unterschiedliche Verfahrensvarianten (Bild 2). Die einfachste Art des Einsatzes stellt die simultane Dosierung von PAK dar. Hierbei wird die PAK direkt in das Belebungsbecken dosiert, in den belebten Schlamm eingebaut und letztlich zusammen mit dem Überschussschlamm aus dem System entfernt.

Baulich und verfahrenstechnisch aufwändiger gestaltet sich die Anwendung von PAK im Gegenstromprinzip: Hierbei wird die Aktivkohle dem Abwasser zunächst nach der biologischen Reinigung zugegeben und im Anschluss daran zur besseren Ausnutzung in die biologische Stufe zurückgeführt. Für die Ausbildung der eigentlichen, nachgeschalteten adsorptiven Reinigungsstufe stehen nach derzeitigem Stand sowohl die Dosierung von PAK vor einen Filter als auch die Dosierung in eine separate Adsorptionsstufe zur Verfügung. Letztere besteht dabei aus einem Kontakt- und einem Sedimentationsbecken. Beide Verfahren zeichnen sich durch die Entkopplung der Aufenthaltszeit des Abwassers von der Aufenthaltszeit der PAK im System aus. Bei dem Verfahren der Dosierung vor einen Filter wird die PAK im Filterbett zurückgehalten und über die Dauer eines Filtrationszyklus in diesem angereichert, um eine Weiterbeladung der PAK zu ermöglichen. Beim System der Adsorptionsstufe erfolgt die Anreicherung der PAK durch die Separation des „Aktivkohleschlamms“ im Sedimentationsbecken mit anschließender Rückführung in das Kontaktbecken. Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Verfahren besteht darin, dass bei der Dosierung vor einen Filter die gesamte Adsorbensmenge durch den Filter zurückgehalten werden muss, wohingegen es beim Betrieb einer Adsorptionsstufe nur noch einer Abtrennung der aus dem Sedimentationsbecken abtreibenden Aktivkohlepartikel bedarf.

Bislang wurde auf Kläranlagen nur das Verfahren der separaten Adsorptionsstufe zur dauerhaften Anwendung umgesetzt. Hierbei wurden für die Bemessung des Kontaktbeckens Aufenthaltszeiten zwischen 22 Minuten und knapp einer Stunde gewählt (Tab. 2). Die bestehenden Sedimentationsbecken weisen hingegen Aufenthaltszeiten von rund 20 Minuten bis hin zu knapp drei Stunden auf. Nahezu alle Sedimentationsbecken, die ein vergleichsweise geringes spezifisches Volumen besitzen, sind zur Gewährleistung einer ausreichenden Separation des Aktivkohleschlamms mit einem Lamellenseparator ausgestattet. Als Nachbehandlungsstufe werden bei dieser Verfahrensform zur PAK-Anwendung derzeit sowohl Sand- als auch Tuchfilter genutzt. Zur Sicherstellung eines weitestgehenden Rückhalts der beladenen Aktivkohle sind diese als Flockungsfilter zu betreiben. Die Anreicherung und vollständige Abtrennung der PAK kann auch mittels einer Membranfiltration bewerkstelligt werden. Entsprechende Betriebserfahrungen mit diesem System, bestehend aus Kontaktbecken und Membranfiltration, wurden u. a. auf der Kläranlage Lausanne und im Rahmen des Projekts Aquapure /18/ gewonnen.

Die Möglichkeit der Dosierung vor einen Filter wurde bereits auf mehreren Kläranlagen großtechnisch untersucht /19, 20/. Hierbei wurde die PAK entweder in den Überstau eines Sandfilters oder in ein dem Filter vorgeschaltetes Kontaktbecken zugegeben. Zudem wurde im halbtechnischen Maßstab die Eignung eines weiteren Raumfiltersystems für diesen Anwendungsfall untersucht /21/.
Die Kläranlagen, bei denen das Verfahren zur Simultandosierung von PAK in die biologische Stufe untersucht wurde, verfügten bereits vor der Testphase über einen kontinuierlich gespülten Filter /22/.

Granulierte Aktivkohle

Granulierte Aktivkohle (GAK) findet in der Regel als Füllmaterial eines Filters Anwendung, der nach der biologischen Reinigung angeordnet ist. Der Filter kann dabei sowohl auf- als auch abwärts durchströmt sein und in offener Bauweise wie auch in Form eines Druckfilters ausgeführt werden. Auf der Kläranlage in Rietberg wird seit 2014 ein kontinuierlich gespülter GAK-Filter zur Spurenstoffelimination betrieben. Die Eignung dieses Systems wurde bereits an mehreren Kläranlagenstandorten untersucht.
Ein wesentlicher Unterschied zur PAK besteht darin, dass GAK nach der Anwendung nicht entsorgt werden muss, sondern regeneriert und wiederverwendet werden kann. Um einer Belegung des granulierten Aktivkohlefilterbettes mit abfiltrierbaren Stoffen vorzubeugen, kann dem GAK-Filter eine Filtereinheit zum Rückhalt der partikulären Abwasserinhaltsstoffe vorgeschaltet werden, um somit die Rückspülhäufigkeit des GAK-Filters zu reduzieren. Den bislang in Betrieb befindlichen GAK-Filtern ist kein zusätzlicher Filter vorgeschaltet (Tab. 3).
Die Umsetzbarkeit eines Verfahrens mit GAK wird primär von der Häufigkeit des erforderlichen Austausches der beladenen Aktivkohle bestimmt. Die bislang auf unterschiedlichen Kläranlagen erzielten Ergebnisse zum erreichbaren Bettvolumen eines GAK-Filters differieren sehr stark voneinander /23/. Gegenwärtig ist noch offen, unter welchen Randbedingungen ein GAK-Filter als eigenständiges Verfahren wirtschaftlich betrieben werden kann. Auf die Investitionskosten wirkt sich jedoch positiv aus, dass ein GAK-Filter in einem bereits bestehenden Filterbauwerk durch den Austausch des Filtermaterials gegen GAK eingerichtet werden kann. Diese Vorgehensweise wurde bei der Realisierung der jeweiligen GAK-Filter auf den Kläranlagen Gütersloh-Putzhagen und Obere Lutter praktiziert.

Ausblick – Verfahrenskombinationen

Aktuell wird im Zusammenhang mit der Anwendung von GAK diskutiert, inwiefern deren Effektivität durch Kombination mit einer Ozonung verbessert werden kann. Man geht heute davon aus, dass eine vorgeschaltete Ozonung die Standzeiten der GAK tendenziell verlängert. Untersuchungen von /24/ machen deutlich, dass durch die Ozonung von Abwasser Stoffe derart verändert werden können, dass sie nicht mehr an die Aktivkohle adsorbieren. Somit stehen sie auch nicht mehr in Konkurrenz zur Adsorption anderer Spurenstoffe, was wiederum einen geringeren Aktivkohleverbrauch für die Spurenstoffelimination in einer nachgeschalteten adsorptiven Stufe zur Folge hat. Welche zusätzlichen Effekte durch die Kombination mehrerer Verfahren erlangt werden können, ist gegenwärtig noch offen. Zugleich wird bei der Realisierung derartiger „Kombisysteme“ zu klären sein, wie die Einzelverfahren aufeinander abzustimmen und zu betreiben sind, um neben einer effizienten Spurenstoffelimination einen bestmöglichen ökonomischen Betrieb zu erreichen.

Offene Fragen beim Betrieb von Anlagen zur Spurenstoffelimination

Bei den Verfahren zur Anwendung von Ozon und Aktivkohle handelt es sich prinzipiell nicht um neuartige Technologien, da sie seit langem bei der Trinkwasseraufbereitung zum Einsatz kommen. Jedoch liegen bislang nur begrenzte Erfahrungen zu deren Anwendung zur Spurenstoffelimination bei der kommunalen Abwasserbehandlung vor. Diesbezüglich drängen sich derzeit nachfolgende Fragen auf:

- Bei der PAK-Anwendung stellt sich u. a. die Frage, welche Folgen für ein Gewässer aus einem dauerhaft geringfügigen Austrag von beladener Pulveraktivkohle resultieren. Mit welchen Methoden kann die Konzentration an Pulveraktivkohle im Ablauf sicher bestimmt werden?
- Im Hinblick auf den Platzbedarf einer Adsorptionsstufe gilt es zu prüfen, ob ein Sedimentationsbecken auf eine Mindestaufenthaltszeit von 2 Stunden ausgelegt werden muss. Zugleich ist zu hinterfragen, ob es für die Elimination der Spurenstoffe tatsächlich einer Aufenthaltszeit von 30 Minuten im Kontaktbecken bedarf.
- Welchen Einfluss hat die Rückführung der PAK auf die Spurenstoffelimination und mit welchem Feststoffgehalt muss ein solches System betrieben werden?
- Der Umfang der Spurenstoffelimination wird bei der Anwendung von PAK neben der spezifischen Dosiermenge von der Qualität der Aktivkohle bestimmt. Sowohl für die Auswahl geeigneter Produkte als auch zur kontinuierlichen Qualitätssicherung wäre ein für die betroffenen Betriebe selbst durchführbares Schnelltestverfahren sehr hilfreich.

Einige Fragen, die in der Schweiz aufgrund des fortschreitenden Gesetzgebungsprozesses bereits geklärt sind, bleiben in Deutschland noch unbeantwortet. Ein besonders relevantes Beispiel hierfür stellt die Definition des Reinigungsziels dar. Zugleich gilt es festzulegen, in welcher Form das Reinigungsziel

LITERATUR

/1/ Abegglen, C.; Siegrist, H. (2012): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1214. www.bafu.admin.ch/uw-1214-d (abgerufen am 30.9.2015)

/2/ Braun, C.; Gälli, R.; Leu, C.; Munz, N.; Schindler Wildhaber, Y.; Strahm, I.; Wittmer, I. (2015): Mikroverunreinigungen in Fließgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1514. www.bafu.admin.ch/uz-1514-d (abgerufen am 30.9.2015)

/3/ Stalter, D.; Magdeburg, A.; Quednow, K.; Botzat, A.; Oehlmann, J. (2013): Do Contaminants Origination from State-of-the-Art Treated Wastewater Impact the Ecological Quality of Surface Waters? PLoS ONE 8(4): e60616. doi: 10.1371/journal.pone.0060616

/4/ MKULNV des Landes NRW (Hrsg.) (2014): Programm Reine Ruhr zur Strategie einer nachhaltigen Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität in Nordrhein-Westfalen. http://www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/145/NRW_ReineRuhr_2014.pdf (abgerufen am 30.9.2015)

/5/ ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (Hrsg.) (2015): Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination. www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/145/DIN_A4_MIKRO_Planung.pdf (abgerufen am 30.9.2015)

/6/ Rößler, A.; Metzger, S.: Spurenstoffvorkommen und -entnahme in Kläranlagen mit Aktivkohleanwendung in Baden-Württemberg. In: KA 2014 (61) Nr. 5, S. 427–435

/7/ Bode, H.: Wohl und Wehe der 4. Reinigungsstufe. In: KA 2014 (61) Nr. 12, S. 1088–1089

/8/ Metzger, S.; Hein, A.; Schwentner, G.; Hiller, G.; Kapp, H.: Vierte Reinigungsstufe jetzt – Pro und Contra. Leserbrief aus Baden-Württemberg. In: KA 2015 (62) Nr. 5, S. 407–409

/9/ Bode, H.: Vierte Reinigungsstufe jetzt – Pro und Contra. Replik von Harro Bode. In: KA 2015 (62) Nr. 5, S. 410–412

/10/ UBA (Hrsg.) (2015): Positionspapier „Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern. Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“. www.umweltbundesamt.de/publikationen/ organische-mikroverunreinigungen-in-gewaessern (abgerufen am 30.9.2015)

Das vollständige Literaturverzeichnis finden Sie unter:
http://www.wwt-online.de/mr15lit

zukünftig überwacht werden soll (Probenahmedauer, Häufigkeit der Überprüfung u. a.). Auch die konkrete Umsetzung der kontinuierlichen Betriebsüberwachung auf den Kläranlagen ist noch unklar: Welche (online-) Parameter sind geeignet, um im Betrieb eine ausreichende Spurenstoffelimination zu garantieren?
Verschiedene Methoden weisen ein Potenzial auf, um zur alltäglichen Überwachung der Reinigungsleistung eingesetzt zu werden. Hierzu zählen die UV-Absorbanz, der CSB oder DOC. Weitere Varianten werden derzeit in verschiedenen Projekten evaluiert.
Sowohl die unterschiedlichen Voraussetzungen auf den Kläranlagen als auch die verschiedenartige Ausbildung der Verfahren erschweren oftmals die Vergleichbarkeit der neu errichteten Reinigungsstufen. Daher ist die einheitliche Festlegung von Systemgrenzen und einer Definition, in welcher Form Betriebsdaten zu erheben sind, für vergleichende Auswertungen notwendig.

Zusammenfassung und Fazit

Für die Spurenstoffelimination auf Kläranlagen stehen mittlerweile geeignete Techniken zur Verfügung, die bereits auf einigen Kläranlagen zur Anwendung kommen. Bislang gibt es keine allgemeingültigen Vorgaben zu deren Dimensionierung. Zugleich resultieren aus dem Betriebsalltag Fragen, die im Hinblick auf den Ausbau weiterer Kläranlagen zu beantworten sind. Zur Bündelung dieser Fragen als auch der Erfahrungen und Erkenntnisse wurden in verschiedenen (Bundes)Ländern Kompetenzzentren als zentrale Anlaufstellen geschaffen. Wissen wird dort gesammelt und aufgearbeitet, um es bei weiteren Projekten miteinfließen lassen zu können. Da es sich bei den Verfahren zur Spurenstoffelimination um neue Verfahren im Bereich der kommunalen Abwasserreinigung handelt, stellen gerade der gezielte Aufbau und Transfer von Wissen sowie der Erfahrungsaustausch zentrale Aspekte für den Ausbau der Kläranlagen dar. Die Zusammenarbeit der Kompetenzzentren aus Baden-Württemberg, NRW und der Schweiz soll daher intensiviert werden.

DIE AUTOREN

Dr. Steffen Metzger
Leiter des Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg

Fachgebiete:
Verfahrenstechniken zur Spurenstoffelimination

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Begleitung von Kläranlagen beim Betrieb einer Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination
- Erarbeitung von Kläranlagenkennzahlen zur Spurenstoffelimination

Dipl.-Ing. Annette Rößler
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg

Fachgebiete: Anwendung von Pulveraktivkohle auf kommunalen Kläranlagen zur Spurenstoffelimination

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Wissenschaftliche Begleitung von Kläranlagen mit einer adsorptiven Reinigungsstufe
- Untersuchungen zur Spurenstoffentnahme beim Ausbau von Kläranlagen um eine Stufe zur Spurenstoffelimination

Dr. Jochen Türk
Mitarbeiter im Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe. NRW

Fachgebiete: Analytische Chemie, Abwassertechnik, Oxidative Prozesse

Aktuelle Projekte, u.a.:
- NRW Fortschrittskolleg – Future Water, Teilprojekt: Evaluierung von innovativen Abwasseraufbereitungsverfahren mittels instrumenteller und wirkungsbezogener Analytik, gefördert vom MIWF des Landes NRW
- Weitergehende Abwasserreinigung mit Hilfe der Aktivkoks-Festbettbiologie und UV-Oxidation: Teil II, gefördert durch DBU

Dr.-Ing. Demet Antakyali
Mitarbeiterin im Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW

Fachgebiete: Abwassertechnik, Forschung und Entwicklung bei der Mikroschadstoffelimination auf Kläranlagen

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Koordinierung des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe NRW und technische Beratung zur Mikroschadstoffelimination
- Technische Planung einer Abwasserbehandlungsanlage zur Behandlung von Krankenhausabwasser

M. Sc. Juliane Schulz
Mitarbeiterin im Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW

Fachgebiete: Abwassertechnik, Forschung und Entwicklung bei der Mikroschadstoffelimination auf Kläranlagen

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Erarbeitung von Kläranlagenkennzahlen zur Spurenstoffelimination

Dr. Pascal Wunderlin
Wissenschaftlicher Mitarbeiter der VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“

Fachgebiete: Verfahrenstechnik zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf Kläranlagen

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Konzepte und Methoden zur Überwachung der Spurenstoffelimination auf Kläranlagen

M. Sc. Aline Meier
Wissenschaftliche Mitarbeiterin der VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“

Fachgebiete: Verfahrenstechnik zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf Kläranlagen

Aktuelle Projekte, u.a.:
- Nachbehandlungsverfahren zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen

KONTAKT

Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg
c/o Universität Stuttgart
Bandtäle 2 | 70569 Stuttgart
www.koms-bw.de

Dr. Steffen Metzger
Tel.: 0711/685-65420
E-Mail: steffen.metzger@koms-bw.de

Dipl.-Ing. (FH) Annette Rößler
Tel.: 0711/685-63955
E-Mail: annette.roessler@koms-bw.de

Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW
c/o Grontmij GmbH
Graeffstraße 5 | 50823 Köln
www.kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de

Dr.-Ing. Demet Antakyali
Tel.: 0221/57402-53
E-Mail: demet.antakyali@kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de

M.Sc. Juliane Schulz
E-Mail: juliane.schulz@kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de

Dr. Jochen Türk
Tel.: 02065/418-179
E-Mail: jochen.tuerk@kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de

VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“
c/o EAWAG
Überlandstraße 133 | CH-8600 Dübendorf
www.micropoll.ch

Dr. Pascal Wunderlin
Tel.: 0041/587655037
E-Mail: pascal.wunderlin@vsa.ch

M. Sc. Aline Meier
Tel.: 0041/587655077
E-Mail: aline.meier@vsa.ch