

KomS-Technologieforum Spurenstoffe, 16.05.19, Wernau

Wie sich Spurenstoffe aus dem Abwasser eliminieren lassen

Von Arzneimitteln bis Industriechemikalien – nicht wenige Substanzen im Abwasser schädigen auch in geringen Konzentrationen die Gewässer. Doch derzeit werden erfolgreich neue Wege eröffnet, sie aus dem Abwasser zu entfernen, wie auf dem Technologieforum Spurenstoffe deutlich wurde.

Klaus Zintz

Dass man keine ausgedienten Arzneimittel in der Toilette entsorgen soll, dürfte mittlerweile in weiten Teilen der Öffentlichkeit angekommen sein. Damit rückt aber auch zunehmend die Problematik über den Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Gewässer und deren Folgen in das Bewusstsein der Menschen. Und das Bemühen, sie durch entsprechende Reinigungsprozesse so gut wie möglich aus dem Abwasser zu entfernen und damit erst gar nicht in die Gewässer gelangen zu lassen.

„Baden-Württemberg hat bei der Eliminierung von Spurenstoffen bundesweit eine führende Rolle“, konstatiert André Hildebrand, der Geschäftsführer des baden-württembergischen DWA-Landesverbandes. Der Verband betreibt zusammen mit der Universität Stuttgart und der Hochschule seit 2012 das Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg (KomS BW). Nun haben Experten auf dem „KomS-Technologieforum Spurenstoffe“ Mitte Mai über die neuesten technischen Fortschritte auf diesem Gebiet und ihre Erfahrungen mit den bereits installierten Anlagen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen berichtet. Bei der mit über 140 Teilnehmern ausgebuchten Tagung und ihrer angeschlossenen Fachausstellung wurde dabei über die derzeit wichtigsten Verfahren berichtet und diskutiert: die Reinigung zum einen mit Hilfe von Aktivkohle, wobei sowohl Pulveraktivkohle (PAK) als auch granuliert Aktivkohle (GAK) eingesetzt wird, und zum anderen durch den Einsatz von Ozon.

Spurenstoffstrategie – eine Investition in die Zukunft

Die Strategie des Bundes, wie mit Spurenstoffen umgegangen werden soll, erläuterte Dr.-Ing. Thomas Hillenbrand, der Leiter des Geschäftsfeldes Wasserwirtschaft am Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI. In einem 2016 gestarteten bundesweiten und vom ISI geleiteten Dialogprozess wurde in der 1. Phase ein sogenanntes Policy Paper erarbeitet. Es enthält insgesamt 14 Empfehlungen für eine Spurenstoffstrategie des Bundes. Definiert wird auch, um was es sich handelt: Nämlich um Stoffe, „die in sehr niedrigen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf die aquatischen Ökosysteme haben können und/oder die Gewinnung von Trinkwasser aus dem Rohwasser negativ beeinflussen können“.

In der zweiten Phase des Projekts, die im Juni 2019 endet, wurde auch ein Fahrplan für die Zukunft entworfen. Demnach liegt nun „ein umfassender Mix aus unterschiedlichen Maßnahmen vor“, wie es Hillenbrand formulierte. Dieser „wichtige Zwischenschritt auf dem Weg zu einer umfassenden Spurenstoffstrategie“ sieht die Einrichtung eines Bundeskompetenzzentrums Spurenstoffe vor, das als koordinierende Stelle beim Bundesumweltministerium und beim Umweltbundesamt einen Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen den Akteuren gewährleisten soll. Wichtig dabei ist, dass nicht nur die weitergehende Reinigung von Abwasser in einer vierten Reinigungsstufe das Ziel der Strategie ist, sondern auch die Möglichkeiten, durch entsprechende Maßnahmen bei der Herstellung und der Anwendung den Eintrag gleich an der Quelle zu reduzieren. Damit will man auch die Hersteller in die Verantwortung nehmen. In einer einjährigen Pilotphase soll nun geprüft werden, wie sich die 14 vorgeschlagenen Maßnahmen konkret umsetzen lassen. Daran soll sich dann ab Mitte 2020 der „institutionalisierte Folgeprozess“ anschließen.

Dass man in Baden-Württemberg schon deutlich weiter ist, zeigte die Bestandsaufnahme von Dr. Ursula Maier vom Umweltministerium des Landes. Bereits 2010 wurde in Mannheim die erste Anlage zur Spurenstoffelimination in Betrieb genommen. Heute sind 15 kommunale Kläranlagen im Land mit einer Aktivkohle-Adsorptionsanlage ausgerüstet. Vier weitere sind im Bau und 13 in Planung, darunter auch Anlagen, die mit Ozon arbeiten werden. Damit lässt sich künftig das Abwasser von bis zu 2,1 Millionen Einwohnern deutlich besser reinigen als bisher. Denn daran ließ Ursula Maier keinen Zweifel: Auch wenn die Technik zur weitergehenden Entfernung von Spurenstoffen bei manchen Substanzen wie etwa beim Arzneistoff Metformin an ihre Grenzen stößt, so lässt sich doch an trockenen Tagen eine Eliminationsrate von mindestens 80 Prozent erreichen – und diese Rate müssen die Kläranlagen im Alltagsbetrieb auch nachweisen.

Auch Baden-Württemberg setzt nach wie vor auf den Zwei-Säulen-Ansatz: „Quellen- und anwenderbezogene Maßnahmen sowie die Förderung des Ausbaus von Kläranlagen zur Spurenstoffelimination in begründeten Fällen“, so Ursula Maier. Bevorzugt sollen dabei Anlagen aufgerüstet werden, die in den Bodensee, in das Grundwasser und in Gewässer mit ungünstigen Untergrundverhältnissen wie etwa Karstgebiete sowie in Gewässer mit einem hohen Abwasseranteil einleiten. Im Visier sind zudem generell große Anlagen, die für mehr als eine halbe Million Einwohner zuständig sind. Und in Einzelfällen können noch weitere Kriterien hinzukommen, etwa besondere Belastungsschwerpunkte wie Industriegebiete oder Krankenhäuser. „Etwa 125 Kläranlagen fallen unter die eindeutigen Kriterien für einen Ausbau“, fasste Ursula Maier zusammen. Und sie wies darauf hin, dass dieses Thema nun auch europaweit angekommen ist: Im März habe die EU ihren strategischen Ansatz zu „Arzneimitteln in der Umwelt“ veröffentlicht. Damit könnte künftig der Ausbau von Kläranlagen zur Pflicht werden.

Was tun? Empfehlungen für die Betreiber

Ohne eine gute Planung und anschließende wirkungsvolle Kontrolle im Dauerbetrieb geht es auch bei der Entfernung von Mikroverunreinigungen nicht – schließlich sind Probleme und Unzulänglichkeiten nur zu erkennen, wenn regelmäßig die Reinigungsleistung der Anlage überprüft wird. Wie sich diese Aufgabe bewältigen lässt, hat das KomS BW im März 2018 in den „Handlungsempfehlungen für die Vergleichskontrolle und den Betrieb von

Verfahrenstechniken zur gezielten Spurenstoffeliminierung“ dargelegt. Ferner steht zur Protokollierung der erforderlichen Messkampagnen das Blatt „Dokumentation VK“ zur Verfügung. Wie dies in der Praxis funktioniert, erläuterte Dr.-Ing. Marie Launay vom KomS BW am Beispiel der Stockacker Aach. Der dortige Abwasserzweckverband betreibt seit 2011 eine adsorptive Reinigungsstufe mit Pulveraktivkohle (PAK) – vor allem im Hinblick auf den Schutz des Bodensees, in den dieser Zufluss entwässert. Maximal können in der PAK-Stufe 21.600 Kubikmeter pro Tag behandelt werden, wobei im Untersuchungszeitraum im Schnitt 9,8 Milligramm PAK pro Liter Ablaufwassermenge zudosiert wurden. In der vom KomS durchgeführten Messkampagne zwischen August 2017 und Juli 2018 wurden gemäß den „Handlungsempfehlungen“ sechs Spurenstoffbeprobungen an verschiedenen Stellen der Kläranlage durchgeführt. Die mengenproportionalen 48-Stunden-Mischproben wurden dann auf acht Arzneimittelwirkstoffe sowie zwei Korrosionsschutzmittel untersucht. Ferner wurden die Trübung, der spektrale Absorptionskoeffizient bei 254 Nanometer (SAK₂₅₄), der Schlammindeks ISV sowie der Chemische Sauerstoffbedarf CSB bestimmt.

Ausführlich stellte Marie Launay die Berechnungen vor, die zu der Bestimmung der mittleren Spurenstoffelimination führen. Hierfür wurde die Eliminationsleistung von sieben Spurenstoffen berücksichtigt. Die Ergebnisse der im Bypass-Betrieb bei Regenwetter gezogenen Probe werden gemäß den „Handlungsempfehlungen“ bei der Berechnung des gleitenden Mittelwerts nicht berücksichtigt. Um auf die geforderten sechs Probenahmen zu kommen, wurden zwei weitere Probenahmen aus den Jahren 2016 und 2017 mit aufgenommen. Damit ergaben sich für die Eliminationsleistung der Kläranlage bei Trockenwetter Werte von 90 beziehungsweise 92 Prozent für das gleitende Mittel über sechs Probenahmen hinweg. Diese Leistung liegt deutlich über der geforderten Mindestleistung von 80 Prozent.

Aber nicht nur die Reinigungsleistungen, auch die allgemeinen betrieblichen Erfahrungen bei der Spurenstoffelimination mit Aktivkohle sind erfreulich, wie Dr.-Ing. Steffen Metzger vom Unternehmen Weber Ingenieure in Pforzheim berichtete. Metzger, der auch Sprecher der DWA-Arbeitsgruppe KA-8.6 „Aktivkohle“ ist, stellte die mehrjährigen Ergebnisse der Arbeitsgruppe zum gegenwärtigen Wissenstand vor. Diese wurden jetzt im DWA-Themenband „Aktivkohleeinsatz auf kommunalen Kläranlagen zu Spurenstoffentfernung – Verfahrensvarianten, Reinigungsleistungen und betriebliche Aspekte“ veröffentlicht. Dabei gab er auch konkrete Tipps, etwa dass sich für die Probenahme bei der PAK-Anlieferung ein sogenanntes Bypasssystem zwischen Silowagen und PAK-Silo bewährt habe. Oder dass beim GAK-Einkauf nicht die gelieferte Masse, sondern das gelieferte Volumen in Rechnung gestellt werden sollte. Insgesamt, so ergab eine Umfrage der Arbeitsgruppe beim Betriebspersonal von Kläranlagen mit Aktivkohleverfahren, stellt dieses Verfahren „eine sehr gut beherrschbare, betriebsfreundliche Technologie dar, die sich gut in den Betriebsalltag integrieren lässt.“

Wie sich die Qualität der eingesetzten Pulveraktivkohle praxisnah sichern lässt, darüber berichtete Dr.-Ing. Frederik Zietzschmann von der Technischen Universität Delft. Hintergrund der mehrjährigen, vom Bundesforschungsministerium geförderten Arbeiten ist die Erkenntnis, dass Aktivkohlen auf unterschiedlichen Rohstoffen basieren und deswegen geeignete Methoden erforderlich sind, um die verschiedenen Produkte zu testen. Entwickelt wurde hierfür ein Testsystem mit Methylorange, das sich, so Zietzschmann, als „sehr tauglich“ erwiesen hat. Seine Erkenntnisse fasste der Umweltschutzingenieur so zusammen: „PAK-Qualitätssicherung ist wichtig, vielfältig, komplex und sensibel, praxistauglich und letztlich einfach, aber immer noch nicht abschließend erforscht.“

Was Aktivkohle leisten kann

Spurenstoff ist nicht gleich Spurenstoff. Diese wenig überraschende Erkenntnis zeigte auch Annette Rößler vom Mühlacker Unternehmen Wolfgang Lieb Ingenieurberatung auf. Sie berichtete über das von 2014 bis 2019 durchgeführte Forschungsvorhaben „Durchführung von Vergleichsmessungen zur Spurenstoffelimination beim Ausbau von Kläranlagen um eine 4. Reinigungsstufe“. Im Mittelpunkt stand dabei das sogenannte Ulmer Verfahren“, bei dem die adsorptive Reinigung in einer PAK-Stufe nach der biologischen Reinigung des Abwassers erfolgt. Im Rahmen des Projekts wurde zwischen 2014 und 2016 sozusagen der Nullzustand von elf Anlagen erfasst, die nachgerüstet werden sollten. Der Zustand nach dem Ausbau wurde 2017 und 2018 bei insgesamt neun Anlagen dokumentiert, die mit dem Ulmer Verfahren arbeiten. Darunter waren fünf Anlagen, die bereits vor dem Ausbau beprobt worden waren. Untersucht wurden bis zu 47 Substanzen aus unterschiedlichen Herkunfts- und Anwendungsbereichen.

Das Ergebnis zeigte, dass allein durch die biologische Reinigung einzelne Substanzen stark oder sogar fast vollständig eliminiert werden, andere dagegen nicht oder nur kaum. Hinzu kommt, dass die Eliminationsraten hohe Schwankungen aufwiesen – was wenig verwunderlich ist angesichts der Tatsache, dass die biologische Reinigung stark von äußeren Faktoren wie etwa der Temperatur abhängt. Zu einem gewissen Grad trifft dies auch auf die Reinigung in der PAK-Stufe zu: Die Eliminationsraten weisen je nach Substanz eine hohe Bandbreite auf und teilweise auch eine hohe Variabilität in den Eliminationsraten der einzelnen Stoffe. Interessanterweise ergaben sich allerdings Hinweise, dass nicht nur die Adsorption an Aktivkohle, sondern darüber hinaus weitere biologische Vorgänge zur Entfernung der Spurenstoffe beitragen. Dies, so Annette Rößler, würde auch teilweise erklären, warum die Eliminationsraten bei manchen Substanzen so stark variieren können.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die 4. Reinigungsstufe bei allen Substanzen gegenüber der konventionellen Reinigung eine verbesserte Eliminationsleistung bringt – ausgenommen bei dem Kontrastmittel Amidotrizoesäure. Allerdings ist die Verbesserung der Reinigungsleistung je nach Substanz unterschiedlich gut. Immerhin für knapp die Hälfte der analysierten Substanzen liegt die Emissionsminderung bei mehr als 80 Prozent.

Eine Spurenstoffentnahme von mehr als 80 Prozent lässt sich auch mit einer direkten Dosierung von 15 Milligramm pro Liter PAK vor einem Filter erreichen, wie sie versuchsmäßig am Hauptklärwerk Mühlhausen in Stuttgart durchgeführt wird. Wie Sophie Zawadski vom KomS BW berichtete, wird die PAK bei diesem Verfahren entweder in ein vorgeschaltetes Einmischbecken oder direkt in den Zulauf des Filters zugegeben. Der Überstauraum des Filters und gegebenenfalls das Einmischbecken dienen dabei als Kontaktraum von Kohle und Abwasser. Wie die Versuche zeigten, kann die Kontaktzeit dabei auf 30 Minuten begrenzt werden.

Auch granuliert Aktivkohle leistet gute Dienste

Derzeit arbeiten die meisten Anlagen der 4. Reinigungsstufe in Baden-Württemberg mit Pulveraktivkohle. Auf der Tagung in Wernau gab es aber auch Vorträge über zwei Großversuche mit Granulierter Aktivkohle (GAK), nämlich in Mannheim und in Emmingen-Liptingen. Wie Andreas Hein von der Stadtentwässerung Mannheim und Johanna Neef vom KomS BW berichteten, geht es in dem bereits mit einer PAK-Anlage ausgerüsteten Klärwerk Mannheim darum, 16 nicht mehr benötigte Filterzellen für einen neuen Zweck einzusetzen: Dort installierte GAK-Filter könnten dann Spurenstoffen in dem bei Regenwetter genutzten Bypass eliminieren. Ein Großversuch mit drei GAK-bestückten Filterzellen soll nun klären, wie gut dies funktioniert. Für den Rhein würde dies eine spürbare Entlastung bringen, immerhin mussten 2018 etwa 2,8 Millionen Kubikmeter Abwasser über den Bypass an der PAK-Anlage vorbeigeschleust werden. In der für 7500 Einwohner ausgebauten Kläranlage Emmingen-Liptingen wurde bereits Ende 2013 ein kontinuierlich arbeitender Sandfilter zu einem GAK-Filter umgerüstet – auch im Hinblick darauf, dass sich das Klärwerk im Einzugsgebiet des Bodensees befindet. Inzwischen wurde der Filter bereits mit mehr als 80.000 Bettvolumen (Kubikmeter Abwasser/Kubikmeter GAK) beschickt. Aufgrund der guten Erfahrungen wurden im November 2018 zwei weitere Sandfilter zu GAK-Filtern umgerüstet. Wie gut die Anlage funktioniert, wird bis heute in einem begleitenden Forschungsprojekt untersucht.

In Mannheim sind die ersten Ergebnisse ermutigend: Der Dauerbetrieb laufe bisher ohne nennenswerte Probleme, berichteten Andreas Hein und Johanna Neef – und merkten an: „Für alle drei Filter liegt die mittlere Spurenstoffentnahme der gemessenen Spurenstoffe nach über 8000 Bettvolumen noch bei über 80 Prozent.“ Probleme gab es dagegen in Emmingen-Liptingen: „Trotz intensiver Betreuung konnte eine Verblockung der Filter nach der Umrüstung nicht vermieden werden“, berichtete Dr.-Ing. Christian Locher vom Stuttgarter Umweltschutzbüro Jedele und Partner. Letztlich musste die GAK aus den neuen Filtern entnommen und gereinigt werden. Möglicherweise könnte ein gelegentlicher Eintrag von Algen das Problem verursacht oder verstärkt haben. Erfreulich ist jedoch, dass bei der Elimination der sieben in Baden-Württemberg wichtigen Spurenstoffen eine Rate von 95 Prozent erreicht wird. Und auch in dem alten Filter ist die Rate von mehr als 70 Prozent immer noch hoch. Damit sei die Spurenstoffentnahme höher als erwartet – womit in Abhängigkeit von der geforderten Elimination lange Standzeiten möglich seien, so Locher.

Ozon – Erfahrungen aus der Schweiz

Seit März 2014 entfernt die Kläranlage Neugut im schweizerischen Dübendorf Spurenstoffe mit einer stabilen Eliminationsrate von 82 Prozent – plus/minus zwei Prozent. Das berichtete der Kläranlagenchef Max Schachtler – und ergänzte: „Die Betriebserfahrungen der Kläranlage Neugut mit Ozon sind durchwegs positiv. Der Betrieb ist stabil, robust und sicher, der Personalaufwand gering.“ Bisher seien keine Störfälle aufgetreten.

Das Ozon wird in einem Ozongenerator erzeugt, der den aus einem Reinsauerstofftank stammenden Sauerstoff (O_2) in Ozon (O_3) umwandelt. Im Ozonreaktor, der sich an die Nachklärung anschließt, werden die Mikroschadstoffe durch das aggressive Gas angegriffen. Dabei habe sich das Mehrkammereintragsystem LOD als sehr effizientes Verfahren erwiesen,

so Schachtler. Das „übrige“ Offgas, das fast vollständig aus reinem Sauerstoff besteht, wird über Injektordüsen in eines der Biologiebecken eingetragen – was die Wirtschaftlichkeit dieser Stufe erhöht. Das restliche Ozon wird im Restozonvernichter (ROV) als Sauerstoff ins Freie entlassen. Im Zuge der Ozonierung werden auch der organische Kohlenstoffgehalt DOC um 15 bis 20 Prozent und der Chemische Sauerstoffbedarf CSB um 27 bis 30 Prozent reduziert.

Eine wichtige Erkenntnis aus der langjährigen Betriebserfahrung ist für Schachtler, dass die Ozonstufe kein isoliertes Modul darstellt, sondern Teil der Gesamtanlage ist. Die Qualität der biologischen Reinigung wirke sich direkt auf die Eliminationsleistung der Ozonung und den Ressourcenverbrauch aus. Und er empfiehlt, die Ozonanlage mit ausreichend Reserven zu planen, um im Betrieb flexibel auf unterschiedliche Anforderungen reagieren zu können.

Fachexkursion zum Klärwerk Wendlingen

Den Abschluss der Tagung bildete die Besichtigung der Spurenstoffelimination in der Kläranlage Wendlingen am Neckar, die im April 2018 in Betrieb ging. Wie Rainer Hauff, der Geschäftsführer des Gruppenklärwerks Wendlingen (GKW), erläuterte, ist die Anlage auf die Behandlung eines Teilstroms von bis zu 700 Liter pro Sekunde ausgelegt. Damit können rund 88 Prozent der gesamten jährlichen Abwassermenge auch adsorptiv behandelt werden.

Die Adsorptionsstufe, die der biologischen Behandlung nachgeschaltet ist, besteht aus zwei Kontaktreaktoren mit je drei in Reihe geschalteten Becken. Daran schließt sich ein Sedimentationsbecken an. Die Spurenstoffe werden mit Pulveraktivkohle und anschließender Tuchfiltration eliminiert. Um die PAK noch besser auszunutzen, werden die nur zum Teil beladene Aktivkohle sowie das Spülwasser des Tuchfilters in die Denitrifikationszone des Belebungsbeckens zurückgeführt. Die ersten Ablaufproben zum Nachweis der Spurenstoffentnahme zeigten, dass die 80-prozentige Eliminationsleistung voll erfüllt wird.