

Wie sich Spurenstoffe aus dem Abwasser eliminieren lassen

Auch wenn die Kläranlagen im Land gut ausgebaut sind, so können sie doch nicht alle Stoffe zurückhalten. Viele Spurenstoffe wie etwa Arzneimittel, Industriechemikalien oder auch synthetische Süßstoffe werden nur unzulänglich aus dem Abwasser entfernt. Sie können aber selbst in sehr geringen Konzentrationen die aquatische Umwelt schädigen. Allerdings lassen sie sich mit neuen weitergehenden Behandlungsverfahren weitgehend eliminieren. Wie gut dies funktioniert und was noch zu tun ist, damit befasst sich das 10. KomS-VSA-Technologieforum Spurenstoffe in Friedrichshafen.

Baden-Württemberg wie auch die Schweiz verfolgen seit vielen Jahren das Ziel, die Belastung der Gewässer mit Spurenstoffen aus Vorsorgegründen zu verringern. Daher war es naheliegend, die vielfältigen Erfahrungen auf diesem Gebiet beim 10. Technologieforum Spurenstoffe in Friedrichshafen auszutauschen, das am 9. Oktober gemeinsam vom Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg (KomS) und der Plattform Micropoll des Verbandes Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) in Friedrichshafen veranstaltet wurde. Coronabedingt fand der Kongress als Hybridveranstaltung statt – mit rund hundert Menschen vor Ort, einem Livestream im Internet sowie einem Videofilm über die Tagung, der ebenfalls online abrufbar ist.

Bei seiner Begrüßung freute sich Boris Diehm, der Vorsitzende des baden-württembergischen DWA-Landesverbandes, dass das Thema Spurenstoffe und ihre Elimination mit dem sogenannten Green Deal der EU europaweit einen „ganz neuen Drive“ erhalten habe. Bei dieser grünen Nachhaltigkeitsstrategie spiele das Thema Wasser eine zentrale Rolle. Es habe Einfluss auf viele Themenfeldern des Green Deal, insbesondere im Hinblick auf eine schadstofffreie Umwelt sowie die Chemikalienstrategie für eine giftfreie Umwelt. „Die gezielte Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen ist ein wichtiger Baustein für den Green Deal“, betonte Diehm. Zwar sei es im Sinne der Vorbeugung wichtig, dass Spurenstoffe erst gar nicht ihren Weg in die Umwelt fänden. „Doch wir sind realistisch genug, dass weiterhin Rückstände von Medikamenten, Bioziden und Industriechemikalien in die Abwässer gelangen. Daher müssen wir für eine giftfreie Umwelt konsequent die weitergehende Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination etablieren.“

Bei der Umsetzung dieses Ziels spielt der Bodenseeraum eine wichtige Rolle: Der See liefert das Trinkwasser für rund fünf Millionen Menschen – allein in Baden-Württemberg. Daher ist es aus Vorsorgegründen hier besonders wichtig, dass die Klärwerke im Einzugsgebiet des Sees gezielt Spurenstoffe aus dem Abwasser entfernen. Dabei ist es eine zentrale Aufgabe der Plattformen VSA und KomS, dass mit dem Austausch von Wissen über die Eliminierungstechnologien der Ausbau der Anlagen fachgerecht und zügig erfolgt. Insbesondere die Eliminierung mit Hilfe von Ozon ist in der Bodenseeregion in mehreren Anlagen bereits realisiert – diese Technik war beim Technologieforum auch Thema eines eigenen Vortragsblocks.

„Wir sind Marktführer, was die Spurenstoffelimination angeht“, betonte denn auch Boris Diehm. Mittlerweile sind in Baden-Württemberg aktuell 17 Eliminierungsanlagen in Betrieb. Davon arbeitet eine mit Ozon, zwei nutzen granulierter Aktivkohle (GAK) und 14 Pulveraktivkohle (PAK) in verschiedenen Betriebsvarianten. Mit diesen Anlagen kann nun bereits das Abwasser von bis zu 2,3 Millionen Einwohnerwerten gezielt auf Spurenstoffe behandelt werden – das sind 10,6 Prozent der Gesamtausbaugröße des Landes. Weitere 22 Anlagen sind derzeit im Bau oder in Planung: vier mit Ozon, sieben mit GAK und elf mit PAK.

Ein weiterer wichtiger Teil der Spurenstoffstrategie des Landes ist es auch, die Öffentlichkeit über die getroffenen Maßnahmen zu informieren. In diesem Rahmen stellte Boris Diehm auf der Tagung die vom KomS erarbeitete und vom baden-württembergischen Umweltministerium geförderte Broschüre „Spurenstoffe im Abwasser – eine Handlungsempfehlung für Kommunen“ vor. Sie soll nicht nur Entscheidungsträger in den Kommunen, sondern auch interessierte Bürger aktuell, leicht verständlich und ganzheitlich über das Thema Spurenstoffe und ihre Elimination in Kläranlagen informieren.

Die Spurenstoffstrategie am Rhein

Der Rhein spielt in Mitteleuropa als grenzüberschreitender Fluss eine zentrale Rolle. Bei allen Fragen hinsichtlich des Gewässermanagements arbeiten die Anliegerstaaten in der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zusammen. Die Empfehlungen der IKSR im Hinblick auf Spurenstoffe in Gewässern referierte Tabea Stötter. Nachdem sich die Kommission 2008 das Ziel gesetzt hatte, die Lebensgemeinschaften und die Trinkwassergewinnung umfänglich und ganzheitlich zu sichern, wurde 2013 beschlossen, „auf nationaler wie internationaler Ebene Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung von Einträgen von Mikroverunreinigungen zu ergreifen“, so Tabea Stötter. Eine erste Bilanz 2017 zeigte, dass die Datenlage noch verbesserungsfähig und dass bedenkliche Stoffe in teilweise hohen Konzentrationen enthalten waren.

Daraus wurde eine Reihe von Empfehlungen zur Verbesserung der Situation abgeleitet. Dabei wurden die wichtigsten Quellen – Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft sowie Spezialfälle wie etwa Arzneimittel – gesondert betrachtet. So ergab sich bei den kommunalen Anlagen, dass sie einen „relevanten Eintragspfad“ darstellen und hier insbesondere Arznei- und Röntgenkontrastmittel bedeutsam sind. Bei den Empfehlungen steht neben einer Sensibilisierung der Bevölkerung etwa bei der Entsorgung von Arzneimitteln eine weitergehende Reinigung in den Kläranlagen an oberster Stelle. Dabei stehen solche Anlagen bevorzugt im Fokus, die zum Beispiel einen hohen Anteil an der Belastung haben oder im Hinblick auf die Nutzung der Gewässer zur Trinkwassergewinnung wichtig sind. Im Gegensatz dazu sind bei Röntgenkontrastmaßnahmen Maßnahmen an der Quelle – also in Krankenhäusern und Röntgenpraxen – erforderlich, wobei hier in einer Reihe von Pilotprojekten wichtige Erfahrungen gesammelt wurden.

Problematisch im Rhein-Einzugsgebiet sind die hohe Industriedichte und die große Vielfalt der verschiedenen Industriezweige. Demzufolge gibt es eine beachtliche Palette an potenziell problematischen Stoffen. Die Vorbehandlung von Abwasserströmen und die Suche nach weniger kritischen Ersatzstoffen gehören hier zu den wichtigen Empfehlungen der IKSR. Bei der Landwirtschaft wiederum gilt es, diffuse, also schwer zu beseitigende Belastungen zu reduzieren. Hier sind insbesondere Pflanzenschutzmittel sowie Tierarzneimittel ein Problem.

Mit nationalen Aktionsplänen sollen hier die Einträge reduziert werden. Dabei sei es wichtig, diese auch konsequent umzusetzen, so Tabea Stötter. All diese Empfehlungen sollen dazu beitragen, das 2020 beschlossene Ziel der IKSР zu erreichen, nämlich bis 2040 die Mikroverunreinigungen um 30 Prozent im Vergleich zum Zeitraum 2016 bis 2018 zu reduzieren.

Was die Schweiz plant

Die Ziele der Schweiz und ihre konkrete Umsetzung stellte Dr. Rebekka Gulde von der VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“ vor. In einer groben Abschätzung sind in der Schweiz die wichtigsten Quellen die Mikroverunreinigungen zu je 40 Prozent die Bereiche Haushalte und Landwirtschaft sowie zu 20 Prozent Industrie und Gewässer, wobei weitere kleinere Einträge von den Straßen, dem Schienenverkehr und aus Altlasten nicht berücksichtigt sind. Das Land hat umfangreiche Pläne entwickelt, all diese Einträge zu reduzieren. So sollen etwa mit dem Aktionsplan Pflanzenschutzmittel mit über 50 Maßnahmen die Pestizidrisiken halbiert werden. Insgesamt fährt die Schweiz bei Pflanzenschutzmitteln einen zunehmend strengeren Kurs: So wurde in diesem Jahr zum Beispiel 24 Wirkstoffen die Zulassung entzogen. Und für drei Arzneimittel und 19 Pestizide wurden jetzt die Umweltqualitätskriterien gesetzlich verankert. Ausgebaut wurde auch die nationale Dauerbeobachtung der Oberflächenwasserqualität mit inzwischen 33 Standorten.

Der Plan ist, dass bei 70 Prozent des Abwassers Spurenstoffe gezielt eliminiert werden. Insbesondere seit 2018 ist dabei der Ausbau der Anlagen rasch vorangeschritten. Derzeit sind bereits zehn Prozent der Schweizer an eine weitergehende Reinigungsstufe angeschlossen. Noch wird bei 63 Prozent der Anlagen Ozon eingesetzt, bei 36 Prozent Pulveraktivkohle (PAK) sowie bei einem Prozent granuliert Aktivkohle (GAK). Nach Umsetzung aller geplanten Projekte werden jeweils gut 30 Prozent der Anlagen mit Ozon, PAK und GAK betrieben und sechs Prozent mit einer Kombination von Eliminationstechniken. Dann sollen rund 30 Prozent der Schweizer an eine solchermaßen ausgebaute Anlage angeschlossen sein. Etwas schwieriger ist die Situation im Bereich Industrie und Gewerbe: Hier steht die Suche nach Betrieben im Vordergrund, die bedenkliche Stoffe einleiten. Dann sollen in Zusammenarbeit mit der Industrie Maßnahmen ergriffen werden, die Einträge zu verringern. Das Problem ist, dass in vielen Betrieben und bei zahlreichen Tätigkeiten viele Stoffe verwendet werden, über die wenig bekannt ist. Und dass Mikroverunreinigungen nur vereinzelt im Fokus stehen. Hier, so betonte Rebekka Gulde, werden derzeit mit einer Reihe von Projekte Erfahrungen gesammelt, etwa mit Messkampagnen sowie Abbau- und Biotests.

Die Lage in Baden-Württemberg

Die baden-württembergische Spurenstoffstrategie sowie aktuelle Projekte im Land erläuterte Dr.-Ing. Marie Launay, die Leiterin des im Jahr 2012 gegründeten KomS. Das Konzept beruht dabei auf zwei Säulen: Zum einen aus Vorsorgegründen den Ausbau kommunaler Kläranlagen zu fördern, unter anderem durch die Begleitung von Planern, Betreibern und Behörden durch das KomS und entsprechende Arbeitspapiere und Handlungsempfehlungen für den Ausbau der Anlagen. Zum anderen soll der Eintrag von Spurenstoffen bereits an der Quelle minimiert werden, etwa durch Information der Bevölkerung zur richtigen Entsorgung von Arzneimitteln.

Wichtig ist, dass mit dieser Strategie auch eine Priorisierung verbunden ist, welche Klärwerke zuerst mit einer Anlage zur Eliminierung von Spurenstoffen ausgerüstet werden sollen – etwa

die Klärwerke im Einzugsgebiet des Bodensees als wichtige Trinkwasserressource. Der Ausbau der Klärwerke ist dabei mit einer beachtlichen Förderung verbunden. Auch die Anforderungen an die Anlagen sind definiert: Im Dauerbetrieb müssen mindestens 80 Prozent der Spurenstoffe sicher in der gesamten Kläranlage eliminiert werden. Dazu müssen regelmäßig Messkampagnen für sieben definierte Substanzen durchgeführt werden.

Marie Launay erläuterte auch den langen Weg zum Ausbau einer Kläranlage mit einer vierten Reinigungsstufe – von der Beratung über die Planung und Realisierung bis zur Inbetriebnahme. Ein entscheidender Schritt am Anfang ist dabei eine Machbarkeitsstudie, die vom Land mit 50 Prozent der Kosten gefördert wird. Das KomS hat jetzt einen neuen Leitfaden publiziert, der die Anforderungen an die Erstellung der Machbarkeitsstudien auflistet. Auch die Prüfung der verschiedenen technischen Varianten sowie die Auswahl der in Frage kommenden Verfahren sind hier thematisiert. Außerdem wird präzisiert, welche Voruntersuchungen geleistet und welche Daten ausgewertet werden müssen. Sinnvoll sind auch eventuelle Synergieeffekte bei der Eliminierung sowohl von Spurenstoffen als auch von Phosphor.

Spurenstoffe eliminieren mit Ozon

Ein Schwerpunkt des Technologieforums waren die Planung und der Bau von Ozonanlagen zur Spurenstoffelimination sowie Erfahrungen mit ihrem Betrieb. In diesem Rahmen fand auch die Fachexkursion am Tag vor dem Kongress statt. Dabei wurden die Ozonanlagen der Klärwerke in Friedrichshafen und Eriskirch am Bodensee sowie der Abwasserreinigungsanlage (ARA) im schweizerischen Altenrhein besichtigt. Beim Vortragsblock „Ozonung“ ging es dann um Planung und Bau derartiger Anlagen: Die generellen Erfahrungen schilderte Roman Meusel vom Unternehmen Holinger Ingenieure GmbH in Merklingen, das insgesamt elf solcher Anlagen mit betreut hat, darunter die Anlagen in Eriskirch und Altenrhein. Wichtig ist seinen Worten zufolge, dass zunächst die Eignung des Ozonverfahrens geprüft wird, wobei unter anderem Messkampagnen zum Einsatz kommen. Ferner müssen die Ablaufbedingungen im Ozonreaktor modelliert werden, um etwa die Frage zu beantworten, wie viel Reaktorkammern benötigt werden und wie groß die Reaktorkammern sein müssen. Anschließend sind die bautechnischen Randbedingungen im konkreten Fall zu klären. Dazu zählen beispielsweise Zugangsmöglichkeiten für die Wartung der Anlage, aber auch erhöhte Anforderungen etwa im Hinblick auf die Sicherheitstechnik und den Personenschutz beim Umgang mit Ozon.

Wie Planung und Bau konkret ablaufen, lässt sich am Beispiel der Kläranlage Friedrichshafen gut zeigen. Das Klärwerk hat eine aktuelle Belastung von rund 65.000 Einwohnerwerten (EW), die Ausbaugröße liegt bei 87.000 EW. Wie Dr.-Ing. Sebastian Platz von der Stuttgarter Sweco GmbH berichtete, wurde die Machbarkeitsstudie in den Jahren 2016 und 2017 durchgeführt. Dabei wurde vor allem wegen der vorhandenen Filteranlage – sie ist für die biologische Nachbehandlung von Vorteil – eine Ozonung empfohlen. Im Rahmen der Vorplanung wurden dann noch ergänzende Untersuchungen etwa zum Vorhandensein von Bromid und Chrom durchgeführt. Die Entwurfs- und Genehmigungsplanung schloss sich 2018 an, wobei unter anderem Fragen zur Kühlung des Ozonerzeugers oder zur (horizontalen) Wasserführung durch den Ozonreaktor zu klären waren. Es folgten die Bau-Vergaben im Juni 2019 und der Baubeginn im September 2019. Ab Dezember 2020 ist nun die Einführungsphase vorgesehen.

Die langjährigen Erfahrungen mit der Ozonung auf der ARA Werdhölzli, Zürich, fasste Dr. Christian Abegglen so zusammen: Das System funktioniert, hatte aber einige

Kinderkrankheiten. Das gilt auch für die Kombination von Sauerstofferzeugung vor Ort und angeliefertem Flüssigsauerstoff. Die Eliminierungsraten der zwölf Leitsubstanzen, die in der Schweiz gelten, liegen fast durchweg über 80 Prozent – wobei es 2020 viel besser funktionierte als 2019. Anzufügen ist auch, dass sich der Stromverbrauch durch die Ozonanlage erhöht – „aber das ist meiner Meinung nach vertretbar“, so Christian Abegglen von der ARA Werdhölzli.

In einem gemeinsamen schweizerisch-deutschen Vortrag stellten Aline Brander von der VSA-Plattform und Amir Riyahi vom KomS Testverfahren und ein Überwachungskonzept zum Betrieb von Ozonungsanlagen vor. Auch wenn es inzwischen eine Reihe von Ozonanlagen gibt, stellte Aline Brander fest: „Das heißt aber nicht, dass wir überall Ozonungen bauen sollen, sondern genau überlegen, wo wir sie bauen und wie wir sie betreiben.“ Denn ihren Ausführungen zufolge gibt es Stolpersteine wie stabile und toxische Oxidationsprodukte, etwa Bromid im Zulauf. Daher ist es wichtig, die Eignung des Abwassers für eine Ozonung zu prüfen und am richtigen Ort zu bauen. Und die Anlage dann clever zu betreiben, vor allem, wenn sich die Zusammensetzung des Abwassers ändert – was eine entsprechende kontinuierliche Überwachung voraussetzt. Inzwischen wurden die Erfahrungen von 40 Anlagen ausgewertet und in Empfehlungen zusammengefasst. Von den 40 getesteten Abwässern war beispielsweise die Hälfte für eine Ozonung geeignet, ein Drittel dagegen nicht – beim Rest steht die Bewertung noch aus. Dabei ergab sich ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis: Auffällige Abwässer lassen sich mit wenig Aufwand frühzeitig identifizieren.

Ergänzend dazu berichtete Amir Riyahi, dass in Baden-Württemberg eine Laboranlage konzipiert wurde, mit der sich gezielt Voruntersuchungen durchführen lassen. So kann man vor allem die Eignung verschiedener Abwässer aus dem Land für die Ozonung feststellen. Zu den Erkenntnissen, die mit dieser Anlage gewonnen wurden, zählt, dass bei der Ozonung die Eliminationsrate der Spurenstoffe nicht von deren Konzentration abhängt, sondern eher von der Zusammensetzung des Abwassers.

Innovative Verfahren und Betriebserfahrungen mit Aktivkohle

Neben der Ozonung kamen auf dem Technologieforum Spurenstoffe auch die Anwendungsmöglichkeiten von Pulveraktivkohle (PAK) und granuliert Aktivkohle (GAK) nicht zu kurz. Dabei ging es vor allem um innovative Ansätze, wie etwa die GAK-Filtration im System DynaSand auf der ARA Moos auf der Schweizer Seite des Bodensees, über die Simon Bitterwolf vom St. Galler Ingenieurbüro Kuster und Hager berichtete. Dazu wurde die 1,5 Meter dicke Sandschicht durch eine Lage von 2,8 Meter GAK ersetzt. Das Fazit: das Qualitätsziel bei der Reinigungsleitung wurde erreicht, die Wirtschaftlichkeit bei den Investitionskosten wurde als sehr gut, bei den Betriebskosten als gut eingeschätzt. Allerdings war eine intensive Betreuung durch das Betriebspersonal erforderlich.

Anschließend referierte Dr.-Ing. Christan Locher vom Stuttgarter Ingenieurbüro Jedele und Partner die Ergebnisse von Versuchen mit der PAK-Dosierung vor einer Ultrafiltrationsanlage, die auf der Kläranlage Tuttlingen durchgeführt wurden. Ein wichtiges Ergebnis: Das solchermaßen gereinigte Abwasser hat eine hervorragende hygienische Qualität im Hinblick auf die Entfernung von Bakterien und Viren, doch die geschätzten Jahreskosten liegen um etwa 40 Prozent höher als bei einer Ozonanlage.

Über die Erkenntnisse aus einem Pilotversuch mit superfeiner PAK und Ultrafiltration auf der ARA Sion in der Schweiz berichtete Dr.-Ing. Loïc Decrey von der Membratéc S.A. im schweizerischen Sierre. Auch hier zeigte sich, dass die Kombination dieser Verfahren zu einer sehr guten Reinigungsleistung führte mit einer verbesserten mikrobiellen Wasserqualität und einer höheren Phosphorelimination. Das Verfahren führte zu einer effizienten Entfernung von Mikroverunreinigungen – und das bei einer reduzierten Dosis und geringerer Kontaktzeit im Vergleich zur PAK-Anwendung.

Abgerundet wurden die Referate zu neuen Verfahren mit PAK von Berichten über Betriebserfahrungen mit Pulveraktivkohle. Dabei ging es zum einen um die PAK-Dosierung vor dem Sandfilter auf der ARA Schönau, über die Dr. Bernd Kobler vom gleichnamigen Beratungsbüro in Ebikon in der Schweiz berichtete. Sein Fazit: Es handelt sich um ein kostengünstiges, robustes und leistungsstarkes System mit gutem PAK-Rückhalt, das zudem flexibel im Umgang mit verschiedenen Abwassermengen etwa im Regenbetrieb ist. Speziell der Regenwetterbetrieb bei einer PAK-Anlage auf der Kläranlage Böblingen-Sindelfingen war dann das Thema von Samuel Enthofer vom dortigen Zweckverband. Es gab allerdings auch Probleme, etwa mit der ursprünglichen Pumpe für den Überschussschlamm, die durch eine andere Pumpenkonstruktion ersetzt werden musste. Positiv war, dass sowohl bei Trocken- als auch bei Regenwetter gute Reinigungsergebnisse erzielt wurden. „Eine Adsorptionsstufe ist ein gut zu betreibendes Reinigungsverfahren“, bilanzierte Samuel Enthofer und fügte an: „Wir würden uns wieder für den Bau einer Teilstrombehandlung entscheiden.“ Ergänzend zu den PAK-Vorträgen stellte Prof. Dr.-Ing. Gunther Krieg von der Unisensor Sensorsysteme in Karlsruhe die Möglichkeiten vor, welche die Online-Messungen von Spurenstoffen im Abwasser bieten.

Zusammenfassend stellte Dr. Christian Abegglen am Schluss der Tagung fest, dass den Kompetenzzentren – also VSA in der Schweiz und KomS in Baden-Württemberg – eine große Bedeutung bei der Umsetzung der Spurenstoffstrategien dieser Länder zukommt. „Das Knowhow ist vorhanden, die Spurenstoffelimination ist zumindest in Baden-Württemberg und in der Schweiz auf einem guten Weg“, so die Bilanz von Christian Abegglen.