

Erprobung einer Biotestbatterie zum Monitoring der Spurenstoffadsorption bei der weitergehenden Abwasserreinigung mit granulierter Aktivkohle

Anne Gottschlich (Mülheim a. d. Ruhr), Regina Dolny (Aachen), Helena Pannekens (Mülheim a. d. Ruhr), Frank Benstöm (Aachen), Kristina Wencki, Anja Rohn (Mülheim a. d. Ruhr), Richard Ottermanns, Monika Hammers-Wirtz, Volker Linnemann (Aachen), Andreas Nahrstedt und Elke Dopp (Mülheim a. d. Ruhr)

Zusammenfassung

Die klassische instrumentelle Analytik kann gezielt Einzelstoffe im Wasser detektieren. Eine Aussage über die Wirkung aller im Wasser vorkommenden Stoffe als Ganzes ist damit jedoch nicht möglich. Aus diesem Grund wurde in einem Forschungsvorhaben parallel zur wasserchemischen Analytik eine Palette an Toxizitätstests („Biotestbatterie“) erprobt, die Überschreitungen toxischer Wirkungen in Filtraten von Filtern mit granulierter Aktivkohle (GAK) aufdecken sollten. Die umfangreichen Untersuchungen an drei Kläranlagen mit einer breit angelegten Biotestbatterie zeigten, dass der nach einer Adsorptionsstufe noch verbleibende Spurenstoffeintrag in die Vorfluter unterhalb der toxikologischen Wirkschwellen lag. Die Wirtschaftlichkeitsprüfung hat auf Basis dieser Ergebnisse ergeben, dass derzeit ein regelmäßiges Monitoring für GAK-Adsorber mit einer Biotestbatterie nicht gerechtfertigt ist.

Schlagwörter: Abwasserreinigung, kommunal, Spurenstoff, anthropogen, Toxizität, Monitoring, Filter, granuliert Aktivkohle, Adsorption, Wirtschaftlichkeit

DOI: 10.3242/kae2019.09.002

Abstract

Piloting an array of biotests for monitoring the adsorption of micropollutants during enhanced wastewater treatment using granulated activated carbon

Traditional instrumental analysis can specifically detect individual substances in water. However, it cannot draw any conclusions about the impact of all substances present in water as a whole. Therefore, a research project tested out a whole range of toxicity tests (array of biotests) alongside water chemical analysis with the goal of detecting excessive toxic effects in filtrates from filters using granulated activated carbon. Extensive testing on three wastewater treatment plants with a large-scale battery of biotests demonstrated that leftover micropollutants discharged into receiving bodies after an adsorption stage were below the toxicological thresholds. Based on these results, a performance review found that regular monitoring using a battery of biotests is not currently justified for granulated activated carbon adsorbents.

Key words: wastewater treatment, municipal, micropollutant, anthropogenic, toxicity, monitoring, filter, granulated activated carbon, adsorption, profitability

Einleitung

In industrialisierten Ländern gelten kommunale Kläranlagen als bedeutender Eintragspfad für Spurenstoffe in den Wasserkreislauf. Um dem entgegenzuwirken, wurde in den letzten Jahren viel zu Vermeidungsstrategien und End-of-pipe-Lösungen geforscht, wobei gerade im Bereich der weitergehenden Abwasserreinigung neue Technologien und/oder Kombinationen von Techniken erfolgreich erprobt wurden. Eine Verringerung der endokrinen Aktivität der gereinigten Abwässer durch Verfahren mit Ozonung und Aktivkohlebehandlung konnten unter anderem Stalter et al. [1] in Abwasserproben aus volltechnischen Kläranlagen nachweisen. Die Ozonung stellt hier-

bei eine sehr effiziente Methode zur Eliminierung von Spurenstoffen dar, benötigt aber meistens eine nachgeschaltete, biologisch aktive Behandlung wie zum Beispiel eine Raumfiltration oder ein Wirbelbett zur Reduktion der zahlreichen Transformationsprodukte. Zur generellen Vermeidung von Transformationsprodukten mit potenziell toxischer Wirkung stellen Adsorptionsverfahren mit Aktivkohle als vierte Reinigungsstufe eine sehr gute Alternative zur Ozonung dar. Während hierbei die Dosierung von Pulveraktivkohle in einer Reihe verschiedener Verfahrensvarianten Anwendung findet, die aktuell vor allem in Baden-Württemberg bevorzugt eingesetzt werden, wird gra-

nulierte Aktivkohle (GAK) nur in Filtern mit Festbett oder Wandbett genutzt. Im Gegensatz zur Pulveraktivkohle, die in der Regel in relativ kurzen Zeiträumen oder kontinuierlich dem Prozess zugeführt und wieder entnommen wird, erreichen GAK-Schüttungen zumeist Standzeiten von mehr als einem Jahr. Hierbei stellen wasserchemische Untersuchungen eine geforderte Mindesteliminierung gegenüber ausgewählten und aussagekräftigen organischen Spurenstoffen (Leitparameter) sicher. Es ist zunächst nicht grundsätzlich auszuschließen, dass sich das toxikologische Potenzial des gereinigten Wassers mit steigender Laufzeit der GAK-Filter nachteilig verändern kann oder Verdrängungseffekte zwischen organischen Einzelstoffen auftreten und diese nicht rechtzeitig erkannt werden. Dies bot Anlass, in dem vorliegenden Forschungsvorhaben die Filtratqualität von GAK-Festbettadsorbentien und die Effektivität ihrer Eliminationsleistung im Hinblick auf ein toxisches Potenzial der Abwässer näher zu untersuchen.

Durch den Einsatz einer Biotestbatterie als Monitoringinstrument für die öko- und humantoxikologische Wirkung eines Wassers ergibt sich neben der rein chemischen Analytik organischer Einzelstoffe die Möglichkeit einer ganzheitlichen Betrachtung der Wasserqualität, analog zu einem Summenparameter. Dies erlaubt eine stufenweise Monitoringstrategie, begonnen mit einem ersten allgemeinen Screening und nachfolgenden spezifischen Tests mittels Biotestbatterie. Folgend müssen dann nur Verdachtsproben weitergehend analysiert werden.

Eingebundene Verfahrensstufen und Untersuchungsmethoden

Drei Kläranlagen wurden in die Untersuchungen einbezogen:

- Kläranlage Köln-Rodenkirchen mit einer Ausbaugröße von 88 000 EW (ELWAS-WEB, elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW) und zwei parallel betriebenen halbertechnischen Adsorbentien, die mit unterschiedlichen GAK (AquaSorb 5000 und Hydrarffin AR) bestückt waren
- Kläranlage des ostwestfälischen Abwasserverbands Obere Lutter (AOL) mit 380 000 EW (hoher Industrieanteil) und drei parallel geschalteten großtechnischen Adsorbentien mit Einfach- und Zweifach-Reaktivat (nach einer Standzeit von gut anderthalb Jahren auf der Kläranlage bereits einmal thermisch reaktiviert und wieder eingesetzt oder sogar nach weiteren anderthalb Jahren Standzeit erneut reaktiviert und wieder eingesetzt) der GAK Sorte AquaSorb 5000
- Kläranlage Gütersloh-Putzhagen mit einer Ausbaugröße von 150 600 EW und zwei großtechnischen GAK-Adsorbentien (einer bestückt mit Frischkohle, der andere mit Reaktivat des Typs Hydrarffin AR) und einem halbertechnischen Adsorbentien mit Frischkohle des Typs Hydrarffin AR, um den Einfluss einer höheren Filtergeschwindigkeit bzw. geringerer Leerbettkontaktzeiten untersuchen zu können.

hydrograv adapt – Einlaufsystem für Nachklärbecken BESSER ALS FILTERN!



Starkregen



Trockenwetter

Überholt und nicht mehr Stand der Technik:

Starre, nicht anpassbare Einlaufbauwerke in Nachklärbecken

- sind die Ursache der Emission partikulären Phosphors und vergeuden Beckenkapazität
- bleiben auch „starr strömungsoptimiert“ immer ein nachteiliger Kompromiss
- trotz strömungsoptimierter Gestaltung bereits mehrfach durch hydrograv adapt saniert

Aktuell und inzwischen allgemein anerkannte Regel der Technik:

Das höhenvariable Einlaufsystem **hydrograv adapt**

- reduziert Phosphor und AFS auf das Niveau von Filtrationen und setzt Belastungskapazitäten frei
- macht Schluss mit Schlammabtrieb

hydrograv adapt – seit Jahren international bewährt für kleine wie große Kläranlagen. In Neubau und Sanierung.



Preisträger 2017
Umweltfreundliche Technologien
und Produktionsverfahren

Wir beraten Sie gerne:
0351 – 811 355-0

hydrograv.com
info@hydrograv.com



Testsystem	Normen	detektiertes Wirkpotenzial
MTT-Test mit humanen Brustkrebszellen (T47Dluc)	DIN EN ISO 10993-5	allgemeine Zellschädigung
ER-CALUX mit humanen Brustkrebszellen (T47Dluc)	ISO/DIS 19040-3:2017 (E)	Östrogenität
umuC-Test mit <i>Salmonella typhimurium</i> TA1535/pSK1002	ISO 13829:2000-03	Gentoxizität
Algen-Wachstumshemmtest mit der Grünalge <i>Desmodesmus subspicatus</i>	DIN EN ISO 8692 (2012) und DIN 38412-33 (1991)	Wachstumshemmung
Wachstumsinhibitionstest mit <i>Lemna minor</i>	DIN EN ISO 20079 (2006)	Wachstumshemmung
Daphnien-Immobilisationstest	DIN EN ISO 6341 (2013)	Hemmung der Beweglichkeit von <i>Daphnia magna</i>
Leuchtbakterientest (akut)	DIN EN ISO 11348-1 (2009)	Erfassung der bakteriellen Leuchtintensität von <i>Aliivibrio fischeri</i> (ehemals <i>Vibrio fischeri</i>)
Leuchtbakterien-Wachstumshemmtest (chronisch)	DIN EN ISO 38412-37 (1999)	Hemmung der Zellvermehrung von <i>Aliivibrio fischeri</i>

Tabelle 1: Übersicht der eingesetzten biologischen Testverfahren und ihre Wirkpotenziale (angelehnt an [2])

Zur Ermittlung verschiedener toxikologischer Parameter wurden drei humantoxikologische und fünf ökotoxikologische Tests eingesetzt (Tabelle 1). Die humantoxikologischen Parameter umfassten hierbei die allgemeine Schädigung von Zellen (MTT-Test), das östrogene Wirkpotenzial (ER-CALUX-Reporter-gentest) und das gentoxische Potenzial (umuC-Test, mit und ohne metabolische Aktivität). Der Nachweis phytotoxischer Wirkpotenziale in Umweltproben erfolgte mittels Algen-Wachstumshemmtest und Wachstumsinhibitionstest mit der Wasserlinse *Lemna minor*. Zur Beurteilung der Umweltrelevanz eines Schadstoffs in Gewässern auf Primärkonsumenten wurde der Daphnien-Immobilisationstest durchgeführt. Zur Erfassung der Trophieebene der Destruenten (Zersetzer organischen Materials) wurde der Biolumineszenz-Test (akut) vergleichend mit dem Zellvermehrungshemmtest (chronisch) mit dem Leuchtbakterium *Aliivibrio fischeri* angewandt.

Zusätzlich zu den biologischen Testverfahren erfolgte eine Untersuchung einzelner anorganischer Routineparameter sowie eine begleitende Analytik etablierter Leitparameter für organische Spurenstoffparameter kommunaler Kläranlagen (Daten nicht gezeigt, aber im Abschlussbericht vorhanden).

Ergebnisse des chemischen und biologischen Monitorings

Die Ergebnisse der Spurenstoffanalytik haben gezeigt, dass die erzielbare Reinigungsleistung mit GAK sehr unterschiedlich ausfallen kann, was insbesondere auf die organische Hintergrundmatrix, gemessen als DOC (dissolved organic carbon, gelöster organischer Kohlenstoff) zurück geführt werden kann. Die Prozessbedingungen sowie die gewählte Kontaktzeit und insbesondere der verwendete GAK-Typ spielen hierbei eine besondere Rolle. Das untersuchte Spektrum an organischen Spurenstoffen im Zulauf der Adsorber ist in Tabelle 2 für alle drei Kläranlagen dargestellt.

Im Wesentlichen können die Ergebnisse des chemischen Monitorings für die drei untersuchten Kläranlagen folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Auf der Kläranlage Rodenkirchen wurde mit der GAK-Sorte AquaSorb 5000 für alle ausgewählten Leitsubstanzen eine bessere Eliminationsleistung erreicht als mit der etwas kostengünstigeren GAK Hydrarffin AR. Sehr gute Eliminationsgrade, fast über die gesamte Versuchslaufzeit hinweg, waren für die Stoffe Atenolol, Metoprolol, Sotalol, Carbamazepin, Diclofenac, 1H-Benzotriazol und 4-Methylbenzotriazol zu verzeichnen. Die Adsorbierbarkeit von Sulfamethoxazol war mit fortschreitender GAK-Standzeit rückläufig. Die Spurenstoffe Clarithromycin, Ibuprofen, N4-Acetylsulfamethoxazol und Naproxen konnten im Zulauf der Adsorber teilweise nicht nachgewiesen werden.
- Der Zulauf der Kläranlage AOL ist durch eine relativ hohe industrielle Belastung gekennzeichnet, die sich in den Konzentrationen der Industrie- und Haushaltschemikalie 1H-Benzotriazol und ihres Metaboliten 4-Methylbenzotriazol sowie einem hohen CSB und DOC widerspiegelt. In den drei untersuchten Adsorbern ist die GAK AquaSorb 5000 im Einsatz, allerdings mit unterschiedlicher Anzahl absolvierter Reaktivierungen (ein- und zweifach). Der Eliminationsgrad aller Leitsubstanzen nahm in beiden Adsorbern mit fortschreitenden Bettvolumina (m^3 Wasser/ m^3 GAK) kontinuierlich ab, wobei signifikante Unterschiede bezüglich der Eliminationsleistung der Adsorber aufgrund gleicher Zulauf- und Betriebsbedingungen nicht zu erwarten waren. Nach hohen Durchsätzen traten zeitweise deutliche Desorptionseffekte im GAK-Bett auf mit Konzentrationsüberhöhungen in den Filtraten für N4-Acetylsulfamethoxazol, Sulfamethoxazol, Diclofenac, Ibuprofen und Naproxen.
- Auf der Kläranlage Putzhagen, deren Adsorber die GAK-Sorte Hydrarffin AR enthielten, war für Sulfamethoxazol die Elimination mit fortschreitender Laufzeit der Adsorber rückläufig und für N4-Acetylsulfamethoxazol sowie Clarithromycin schon von Beginn an nur mäßig gut. Die Elimination von Diclofenac und Naproxen war in den beiden Großadsorbern bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes mit mehr als 20 000 Bettvolumina sehr gut und langzeitstabil, während sie für 1H-Benzotriazol und 4-Methylbenzotriazol

ab einem Bettvolumen von ca. 17 000 m³ Wasser / m³ GAK leicht rückläufig war.

Obwohl die Ergebnisse des chemischen Monitorings zum Teil sehr unterschiedlich ausfielen, mit zum Teil erhöhten Spurenstoffkonzentrationen, trat sowohl im Zulauf als auch im Ablauf der Adsorber nur selten ein (öko)toxikologischer Effekt auf. Die Überschreitungen der Wirkungsschwellen für Primärproduzenten (Algen, Wasserlinsen) und Süßwasserkrebse (Daphnien) erwiesen sich als Einzelbefunde und führten nicht zu einer verschlechterten Einstufung der Wasserqualität an den jeweiligen Kläranlagenabläufen.

Statistische Auswertung

Mithilfe verschiedener statistischer Analysen wurden die mittels chemischer Analytik beobachteten Unterschiede in der Spurenstoffeliminierung bestätigt. Zum Einsatz kamen verschiedene multivariate Methoden wie die Korrespondenzanalyse (DCA), die Hauptkomponentenanalyse (PCA), die Redundanzanalyse (RDA) und Generalisierte Additive Modelle (GAM), um Zusammenhänge zwischen einer Vielzahl von einflussnehmenden Parametern (Spurenstoffart, Kläranlage, frischer/reaktivierter Aktivkohletyp, durchgesetztes Bettvolumen) herauszuarbeiten. So konnte aufgezeigt werden, dass die Zusammensetzung der Spurenstoffbelastung im Ablauf der Nachklärung der Kläranlage Putzhagen und der Kläranlage AOL ähnlich ist, sich aber deutlich von der Kläranlage Rodenkirchen unterscheidet. Die gleiche Aussage ergab sich auch für die Filtrate der Adsorber. Ursachen für diesen Unterschied können unter anderem in der Struktur des Einzugsgebiets, dem Fremdwasseranteil, dem Anteil kommunalen und industriellen Abwassers sowie

regional geprägten Verschreibungspraxen der niedergelassenen Ärzte liegen. Es zeigen sich außerdem deutliche Unterschiede zwischen den Aktivkohletypen sowie zwischen dem Einsatz von Frischkohle und Reaktivat.

Aufgrund der geringen Anzahl biologischer Positivbefunde konnte keine aussagekräftige statistische Auswertung durchgeführt werden. Somit war ein Vergleich zwischen biologischen und chemischen Messdaten aus statistischer Sicht nicht möglich.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Um die ökonomischen Konsequenzen eines zusätzlichen (öko)toxikologischen Monitorings für Kläranlagenbetreiber abschät-

Press for less

**Bucher HPS-Press, aussergewöhnliche Leistung und Flexibilität im Einsatz!
Ihr Erfolg für die Zukunft!**



- Hoher Trockenrückstand!
- Niedrige Schlammentsorgungs- und Verbrennungskosten!
- Minimale Betriebsüberwachung!
- Wenig Personal- und Unterhaltsaufwand!

Bucher Unipektin AG
 Murzlenstrasse 80
 CH-8166 Niederweningen
 Tel. +41 44 857 23 00
 info@bucherunipektin.com
 www.bucherunipektin.com

BUCHER
 unipektin

Stoffgruppe	Spurenstoff	Kläranlage Rodenkirchen				Kläranlage AOL				Kläranlage Putzhagen			
		arithmetischer Mittelwert	Median	Max.	Min.	arithmetischer Mittelwert	Median	Max.	Min.	arithmetischer Mittelwert	Median	Max.	Min.
		(ng/L)				(ng/L)				(ng/L)			
Antibiotika	Clarithromycin	65	61	160	5	240	170	520	100	183	140	500	60
	Sulfamethoxazol	303	311	537	105	343	320	510	220	286	270	510	5
Metabolit	N4-Acetylsulfamethoxazol	< 10	< 10	< 10	<10	45	43	70	<50	43	25	70	< 50
Beta-blocker	Atenolol	809	805	1120	355	155	155	190	120	99	80	270	25
	Metoprolol	1623	1625	1870	1300	1648	1800	2800	190	532	230	1400	< 10
	Sotalol	442	411	796	193	96	95	170	25	230	230	310	170
Analgetikum	Diclofenac	4178	4335	5780	2840	2140	2110	2920	1420	2256	2190	3210	1410
	Ibuprofen	682	301	2160	25	115	105	240	10	< 10	< 10	<10	< 10
	Naproxen	242	117	764	25	280	280	480	80	84	80	140	10
Antikonvulsivum	Carbamazepin	736	740	869	569	1053	1140	1500	430	976	1000	1270	680
Korrosionsschutzmittel	1H-Benzotriazol	6794	6515	10600	4430	32400	32200	39200	26000	16411	12200	39300	4700
	4-Methylbenzotriazol	3325	3380	4300	2130	21350	19350	36300	10400	2225	1853	3600	1370

Tabelle 2: Übersicht des Spurenstoffspektrums der organischen Analytik sowie statistische Kenngrößen der Spurenstoffkonzentration im Zulauf der Adsorber der Kläranlagen Rodenkirchen, AOL und Putzhagen

zen zu können, wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für die Kläranlagen Putzhagen und AOL durchgeführt. Hierzu galt es zunächst, die spezifischen Betriebskosten der Aktivkohlestufe auf Basis der drei wesentlichen Kostenarten Personal-, Energie- und Chemikalienkosten zu ermitteln. Weitere Betriebskostenbestandteile, wie Kapital-, Wartungs- und Versicherungskosten oder Einsparungen in der Abwasserabgabe, die in der Regel nur einen sehr geringen Anteil an den Jahreskosten haben, wurden bei der Bestimmung der spezifischen Kosten nicht berücksichtigt. Unter Annahme eines einheitlichen spezifischen Personalkostensatzes (einschließlich Lohnnebenkosten) von

68 000 €/Jahr (brutto) sowie einem spezifischen Energiekostensatz von 0,18 €/kWh (brutto) wurden, basierend auf bestehenden Kostenberechnungen aus Vorgängerprojekten zu den Kläranlagen AOL und Putzhagen, fixe Personalkostenbestandteile für Administration (Bestellung/Abrechnung) und Laboranalytik sowie von der Anzahl der GAK-Wechsel abhängige, variable Personal-, Energie- und Aktivkohlekostenbestandteile für unterschiedliche Betriebsszenarien der Filterstufen auf den beiden Kläranlagen bestimmt. Im Ergebnis liegen die spezifischen Betriebskosten der GAK-Filtration auf der Kläranlage Putzhagen bei 8 bis 10 Cent/m³ aufbereitetes Abwasser und auf der Kläranlage AOL bei 9 bis 10 Cent/m³. Der Großteil der spezifischen Kosten wird dabei in Übereinstimmung mit bisherigen Erhebungen von den Kosten zur Beschaffung bzw. Reaktivierung der Aktivkohle verursacht.

Da rein (öko)toxikologische Monitoringverfahren zur Rechtfertigung einer Verlängerung der Aktivkohlestandzeit bislang nicht anerkannt sind, können die Kosten der vorgeschlagenen Biotestbatterie begleitend zur üblichen Analytik unter Umständen einen erheblichen Kostenanstieg bewirken. Zwecks Überprüfung dieser These wurden zunächst die Kosten der im Projekt erprobten Biotestbatterie auf Basis realer Angebotspreise der im Projekt mit den jeweiligen Messungen beauftragten Anbieter bestimmt. Eine Übersicht der prozentualen Kosten für die einzelnen Biotests an der gesamten Biotestbatterie zeigt Abbildung 1.

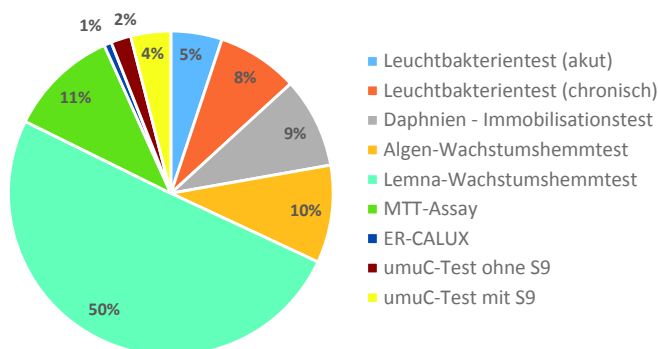


Abb. 1: Prozentuale Kostenbestandteile der Biotestbatterie (angelehnt an [2])

Für Sie unterwegs 17 Städte – 17 Termine



Workshops – Normgerecht Messen ohne Strom

Behörden fordern den Nachweis der Wirksamkeit von Gewässerschutzeinrichtungen oder die Überwachung von Sonderbauwerken. Der Überwachungsbedarf bei Oberflächengewässern und beim Hochwasserschutz steigt ebenfalls. Unsere kostenlosen NIVUS Campus on Tour Veranstaltungen zeigen Ihnen verschiedene Möglichkeiten, diese Messaufgaben mit vertretbarem Mitteleinsatz zu realisieren. In den Workshops informieren wir Sie über:

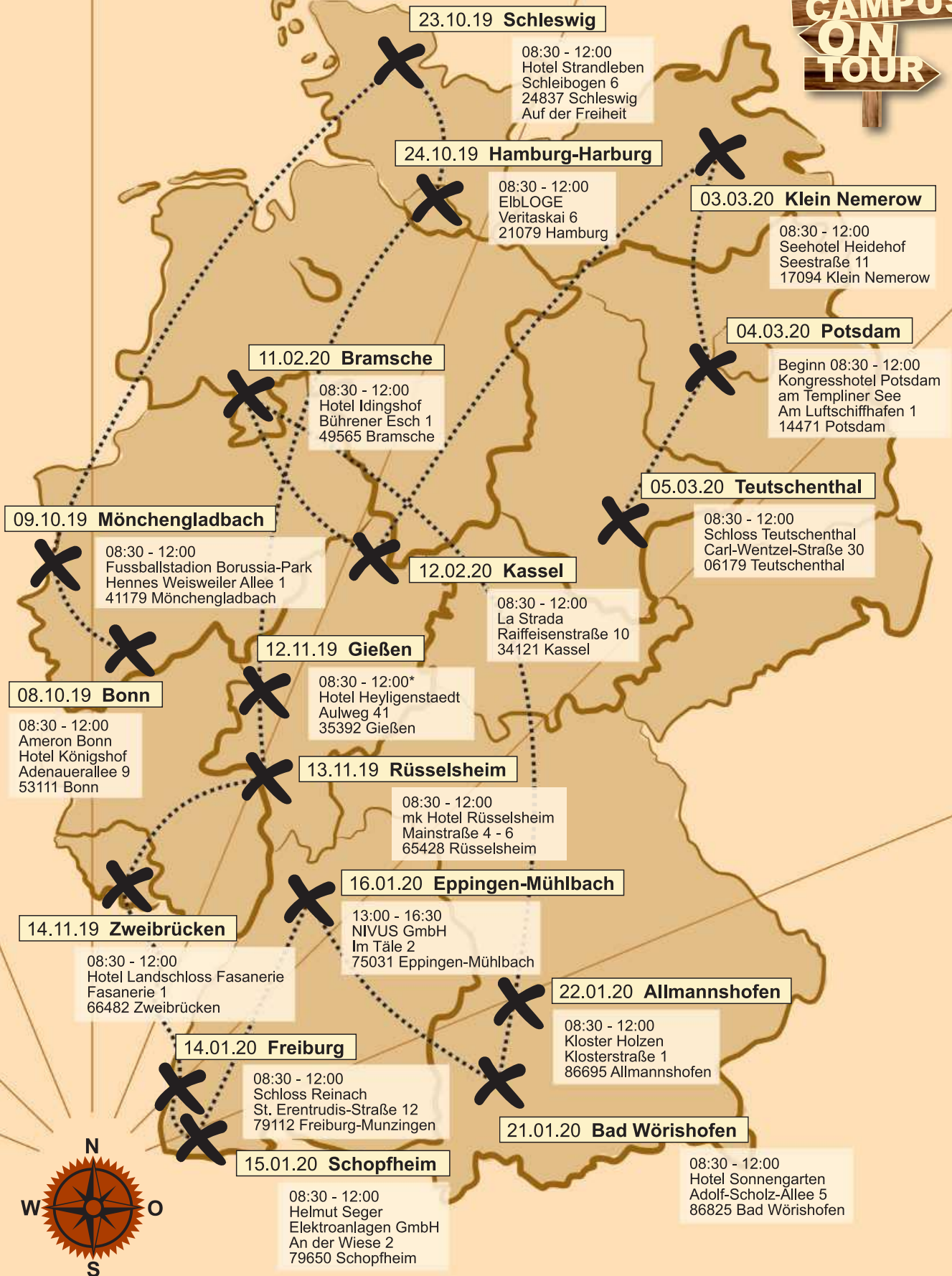
Durchflussmessmethoden im Vergleich – Verschiedene Messmethoden für unterschiedliche Anwendungsfälle

Energieautarke Messsysteme – Messen an Orten ohne Stromversorgung und Datenübertragung

Mehrwert mit modernem Datenhandling – Dezentrale Messdatenerfassung und zentrale Verarbeitung

Wir freuen uns auf Ihren Besuch.

Unsere Tourdaten



Wir freuen uns über Ihre Anmeldung per E-Mail an: campus@nivus.com
oder über unser Anmeldeformular unter: www.nivus.de



Basierend auf der Annahme einer monatlichen Überprüfung von 24-h-Mischproben aus dem Sammelfiltrat der fünf umgerüsteten Filterkammern der Kläranlage AOL sowie der zwei umgerüsteten Filterkammern auf der Kläranlage Putzhagen erhöhen sich die spezifischen Monitoringkosten bei monatlicher Anwendung der Biotestbatterie in beiden Fallstudien um 0,7 bis 0,9 Cent/m³ aufbereitetes Abwasser.

Aufgrund dieser vergleichsweise hohen Kosten und der fehlenden (öko)toxikologischen Effekte im Ablauf der GAK-Adsorber lässt sich die Installation der Biotestbatterie zur Überwachung der beiden untersuchten Kläranlageabläufe derzeit nicht rechtfertigen. Sollte sie dennoch zur Anwendung kommen, wäre insbesondere die Notwendigkeit des kostenintensiven Lemna-Wachstumshemmtest zu hinterfragen. Es empfiehlt sich eine zweistufige Anwendung nach dem „Wenn-Dann-Prinzip“, sofern der Lemna-Wachstumstest auf der nachgelagerten Ebene liegen kann und somit anzunehmen ist, dass er nicht für alle Probenentnahmen durchgeführt werden muss. Hierdurch ließen sich die spezifischen Kosten der Biotestbatterie bestenfalls halbieren.

Fazit

Aufgrund der geringen Anzahl an Überschreitungen (öko)toxikologischer Wirkpotenziale war es nicht möglich, mittels Biotestbatterie eine beispielhafte Monitoringstrategie mit hoher Aussagekraft zu etablieren. Mit der hierbei untersuchten und explizit breit angelegten Biotestbatterie wurde das primäre Ziel, einen Durchbruch einzelner oder mehrerer Spurenstoffe (auch außerhalb des wasserchemisch untersuchten Parameterspektrums) durch die Aktivkohlefilter mit GAK abzubilden, nicht erreicht.

Die Erkenntnis aus diesem Projekt zeigte, dass Biotestbatterien flexibel je nach Zusammensetzung des Abwassers gestaltet werden müssen. Zudem kann es hilfreich sein, ebenfalls angereicherte Proben für die biologische Analytik einzusetzen, um die Wirkpotenziale ermitteln zu können. Eine allgemeine Empfehlung, welche Tests einzusetzen und ökonomisch vertretbar sind, kann nicht abgeleitet werden.

Förderung

Das Projekt wurde gefördert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Az. 17-04.02.01-04b/201).

Literatur

- [1] Stalter, D., Magdeburg, A., Wagner, M., Oehlmann, J.: Ozonation and activated carbon treatment of sewage effluents: Removal of endocrine activity and cytotoxicity, *Water Research* 2011, 45 (3): 1015–1024
- [2] *Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Erprobung einer Biotestbatterie zum Monitoring der Spurenstoffadsorption mit Aktivkohle bei der weitergehenden Abwasserreinigung (BioMon)“*, gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV), LANUV NRW (Az. 17-04.02.01-04b/2014)

Autoren

Dr. Anne Gottschlich, Helena Pannekens, Kristina Wencki, Anja Rohn, Dr. Andreas Nahrstedt, Prof. Dr. Elke Dopp
 IWW Rheinisch-Westfälisches Institut
 für Wasserforschung gGmbH
 Moritzstraße 26, 45476 Mülheim an der Ruhr

E-Mail: h.pannekens@iww-online.de
k.wencki@iww-online.de
a.rohn@iww-online.de
a.nahrstedt@iww-online.de
e.dopp@iww-online.de

Regina Dolny, Dr. Frank Benstöm, Dr. Volker Linnemann
 Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen
 Mies-van-der-Rohe-Straße 1, 52074 Aachen

E-Mail: dolny@isa.rwth-aachen.de
benstoem@isa.rwth-aachen.de
linnemann@isa.rwth-aachen.de

Dr. Richard Ottermanns
 Institut für Umweltforschung der RWTH Aachen
 Worringerweg 1, 52078 Aachen

E-Mail: ottermanns@bio5.rwth-aachen.de

Dr. Monika Hammers-Wirtz
 gaiac, Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und
 -bewertung e. V. an der RWTH Aachen
 Kackertstraße 10, 52072 Aachen

E-Mail: hammers-wirtz@gaiac.rwth-aachen.de



www.dwa.de/Gebrauchtmarkt

DWA
Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

DWA-Gebrauchtmarkt

Verkauf, Ankauf, Miete, Leasing und Tausch von Wasser- und Abwassertechnik

Den DWA-Gebrauchtmarkt finden Sie online: www.dwa.de/Gebrauchtmarkt

Ihr Ansprechpartner:
 Christian Lange B.A. · Tel.: +49 2242 872-129 · E-Mail: lange@dwa.de