

Nachrichten aus dem
IWW Zentrum Wasser

 **IWW**
JOURNAL

August 2015 | Ausgabe 43

Aktivkohle und andere Adsorbentien



Aktuelle Fachbeiträge

Wiederverwendung gebrauchter Aktivkohlen aus der Trinkwasseraufbereitung zur Spurenstoffentfernung bei der Abwasserreinigung

In Wasserwerken wird die Aufnahmekapazität von Aktivkohle aufgrund des niedrigen... *Seite 8*

Zielgerichtete (Re)aktivierung von Aktivkohle – eine Technologie mit Zukunftspotenzial

Adsorptionsprozesse gehören im Jahr 2015 zu den Standardverfahren in der Wasseraufbereitung. Dabei kommt der Aktivkohle als... *Seite 10*

Bewertung der Wirtschaftlichkeit und Entwicklung einer Versorgungsstrategie

Die IWW-Bereiche Wasserökonomie und Wassertechnologie arbeiten bei bestimmten Fragestellungen sehr eng zusammen. Der Artikel fasst... *Seite 12*

Globale Analyse des Vorkommens von Pharmazeutika in der Umwelt

Der Verbrauch von Arzneimitteln ist in den letzten Dekaden aufgrund wachsender Bevölkerungszahlen, veränderter Bevölkerungsstrukturen, besserer... *Seite 14*

Liebe Leserinnen und Leser,



die Nutzung von Aktivkohle zur Entfernung von organischen Mikroschadstoffen ist kein neues Thema, und doch realisieren wir eine „Renaissance der Aktivkohle“ in einer Vielzahl von Projekten.

Dies kommt seit einigen Jahren aus der Notwendigkeit in der Trinkwasseraufbereitung, die Grenzen der Aktivkohlesorption mit immer polarerer Mikroschadstoffen auszuloten. Der Einsatz von gebrauchter „Trinkwasserkohle“ in der Nachbehandlung von Abwasser und die zielgerichtete Reaktivierung zur möglichst selektiven Schadstoffentfernung sind die Inhalte von zwei Fachberichten. Von einem

anspruchsvollen Beratungsvorhaben für einen Wasserversorger zu seiner „zukünftigen Versorgungsstrategie“ mit technischen Szenarien und einer ökonomischen Bewertung berichten wir im dritten Fachbeitrag.

Abgerundet wird die Reihe der Fachbeiträge durch die „SAICM-Studie“ zum weltweiten Vorkommen von Pharmazeutika in der Umwelt, an der wir im Auftrag des Umweltbundesamtes mitgewirkt haben.

Das IWW-Journal wird von einer großen Leserschaft regelmäßig zur Hand genommen

und weiter gereicht. Deshalb bleiben wir bei der Druckversion statt eines Newsletters und hoffen, dass Ihnen auch die neue Gestaltung und Aufmachung gut gefällt. Wenn Sie uns Lob oder Kritik dazu zusenden möchten, freuen wir uns darüber – vor allem freut uns, dass Sie unser IWW-Journal gerne lesen.

Mit herzlichem Gruß.

Dr. Wolf Merkel

Lothar Schüller

Inhaltsverzeichnis



4 Mit Änderung der TrinkwV wird die Untersuchung der Trinkwasserqualität auf radioaktive Stoffe verpflichtend



6 Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen – kompetente Unterstützung durch das IWW aus einer Hand



7 Neuartige Trinkwasser- und Sanitärsysteme: Konkrete Planung für das Modellgebiet Westerholt kann beginnen

Aktuelles & Nachrichten

- 3 Start des BMBF-Verbundprojekts SIGN zum Eintrag und Entfernung von Schadstoffen in Oberflächengewässern und im Trinkwasser in China
- 3 EU-Projekt TRUST mit IWA Cities of the Future Conference erfolgreich beendet
- 3 Preisträger des Young Scientist Awards der Universität Duisburg-Essen aus dem Bereich Toxikologie des IWW
- 4 Erfolgreicher Antrag auf ein Promotionsstipendium „Endokrin wirksame Substanzen im Abwasser“
- 4 IWW erhält Auftrag des Umweltministeriums NRW zur Gefährdungsbeurteilung undichter Abwasserkanäle
- 4 Mit Änderung der TrinkwV wird die Untersuchung der Trinkwasserqualität auf radioaktive Stoffe verpflichtend
- 5 Forschung für saubere Badegewässer
- 5 EU-Projekt BINGO gestartet: Untersuchung von Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserressourcen in spezifischen Regionen
- 6 Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen – kompetente Unterstützung durch das IWW aus einer Hand
- 6 Neues Verfahren zur Grundwasser-sanierung mit Eisenoxid-Nanopartikeln
- 7 Neuartige Trinkwasser- und Sanitärsysteme: Konkrete Planung für das Modellgebiet Westerholt kann beginnen
- 7 Konzepte für netzentkoppelte Löschwasseralternativen
- 7 Entfernung von Permanganat mit thermisch behandelter Kohle („Voraktivat“)

8 Fachbeiträge.....

16 Personalia & Jubiläen.....

BMBF-CLIENT CLEAN WATER SIGN – Sino-German water supply Network



Im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „SIGN: Chinesisch-Deutsches Wasser-Netzwerk – Sauberes Wasser von der Ressource bis zum Verbraucher“ wird das IWW in den nächsten drei Jahren den Eintrag von trink-

wasserrelevanten Schadstoffen und Möglichkeiten der technischen Entfernbarkeit am chinesischen Tai See nahe Shanghai untersuchen. Hierbei steht zuerst die Erfassung der Verschmutzung des Sees (u. a. mit Pharma-



zeutika, Industriechemikalien und Pestiziden) im Vordergrund. Nach der anschließenden toxikologischen Untersuchung und Bewertung der Schadstoffe erfolgt eine Analyse der Einsatzmöglichkeiten verschiedener Trinkwasseraufbereitungstechniken um eine sichere Trinkwasserversorgung für die ca. 10 Millionen Verbraucher zu gewährleisten.
Dr. Tim aus der Beek

EU-Projekt TRUST mit IWA Cities of the Future Conference erfolgreich beendet

Von 2011 bis 2015 koordinierte IWW erstmalig ein großes europäisches Forschungsprojekt. Transitions to the Urban Water Services of Tomorrow, kurz TRUST, widmete sich der Entwicklung praxistauglicher Lösungen, um den städtischen Wasserkreislauf effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Der Schwerpunkt lag dabei auf Technologien, Software-Lösungen, Management-Konzepten und strategischen Planungsinstrumenten.

30 Institutionen erarbeiteten in TRUST in enger Zusammenarbeit mit Endanwendern innovative Lösungen, die in zehn Pilotstädten/Regionen getestet und erfolgreich umgesetzt wurden.

Zum Abschluss des Projektes organisierte IWW gemeinsam mit der International Water Association (IWA) vom 28. – 30. April eine „Cities of the Future Conference“, deren

Programm zu gut einem Drittel durch TRUST-Ergebnisse gestaltet wurde. Rund 130 Besucher aus über 20 Ländern besuchten die Konferenz in der Stadthalle Mülheim, um über aktuelle Lösungsansätze für den urbanen Wasserkreislauf der Zukunft zu diskutieren.
Weitere Information und Ergebnisse unter www.trust-i.net oder bei Dr. David Schwesig (d.schwesig@iww-online.de)



Preisträger des Young Scientist Awards der Universität Duisburg-Essen aus dem Bereich Toxikologie des IWW



Preisträger des Young Scientist Awards (v.l.n.r.): F. Lauer (Analytische Chemie), A. Tierbach (Aquatische Ökologie), Prof. Dr. E. Dopp (Laudatorin, ZWU), H. Bielak (Aquatische Ökologie), Dr. R. Zdrenka (Universitätsklinikum Essen)

Zum siebten Mal hat das Zentrum für Wasser- und Umweltforschung (ZWU) der Universität Duisburg-Essen (UDE) am 03.06.2015 den Young Scientist Award (YSA) für herausragende Abschlussarbeiten von Studierenden und Nachwuchswissenschaftlern auf dem Sommerfest der UDE, Campus Duisburg, vergeben. Als preiswürdig erachtete eine unab-

hängige Gutachterkommission 3 Master- und 2 Promotionsarbeiten, die 2014 an der UDE abgeschlossen wurden. Der erste Preis für die beste Masterarbeit wurde an Helena Bielak aus dem Institut für aquatische Ökologie (Betreuer: Prof. Sures) vergeben. Sie untersuchte in ihrer Masterarbeit die toxische Wirkung von Cyanobakterien. Derzeit ist Helena Bielak

Doktorandin im Bereich Toxikologie des IWW und beschäftigt sich mit der endokrinen Wirkung von Abwässern. Die Preise für die besten Dissertationen gingen an Dr. T. Hüffer (Instrumentelle Analytische Chemie, Betreuer: Prof., Schmidt), der sich mit der Wechselwirkung von organischen Verbindungen und kohlenstoffbasierten Nanomaterialien beschäftigte, und Dr. Ricarda Zdrenka (Universitätsklinikum Essen, Betreuerin: Prof. Dopp), die die molekularen Mechanismen der Arseninduzierten Krebsentstehung erforschte. Toxikologische und analytische Themen vor allem aus dem Gebiet der Wasserforschung standen somit im Focus der diesjährigen Preisverleihungen.

Wir gratulieren allen Preisträgern und freuen uns bereits jetzt auf neue Erkenntnisse aus weiterführenden Studien.
Ansprechpartner: Prof. Dr. Elke Dopp

Erfolgreicher Antrag auf ein Promotionsstipendium „Endokrin wirksame Substanzen im Abwasser“

Ein Projektantrag zur Thematik „Aktivität von endokrin wirksamen Substanzen in Abwässern vor und nach der oxidativen Abwasserbehandlung“, der von Helena Bielak gestellt wurde, ist von der Deutschen Bundesstiftung für Umwelt als förderwürdig erachtet worden und wird für 3 Jahre finanziell unterstützt.

Ziel des Vorhabens ist es, Erkenntnisse zu Wirkweisen von endokrinen Disruptoren in komplexen Stoffgemischen und bei relevanten Konzentrationen auf humane Zellen und Gesamtorganismen zu gewinnen. Auch der Abbau dieser Substanzen (Effektverminderung) durch eine Ozonbehandlung des Abwassers soll Gegenstand der Untersuchungen sein. Eine systematische Aufklärung von additiven Effekten von Stoffgemischen hinsichtlich ihrer endokrinen Wirksamkeit wird im Mittelpunkt der Arbeit von Helena Bielak

stehen. Derartige Untersuchungen mit hoher Praxisrelevanz sind bisher nicht bekannt. In der Arbeit wird die Kombination von Praxisrelevanz und Grundlagenforschung angestrebt, um auch die Wirkmechanismen zu erforschen. Dazu sollen sowohl in vitro-Testsysteme als auch Organismen tests zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse versprechen tiefgründige Erkenntnisse zu Wirkweisen von endokrin wirksamen Stoffen in komplexen Stoffgemischen und die Möglichkeiten deren Eliminierung aus Abwasserproben, um somit die Belastung der Umwelt mit bedenklichen Stoffen reduzieren zu können.

Die geplanten Studien basieren auf Projektergebnissen aus Vorläuferprojekten wie dem PILLS-Projekt (<http://www.pills-project.eu/>) und dem LANUV geförderten Projekt „Metabolitenbildung beim Einsatz von Ozon“ ([http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Kurzbericht Metabolitenbildung.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Kurzbericht%20Metabolitenbildung.pdf)).

lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Kurzbericht Metabolitenbildung.pdf).

Weitere Informationen zu dem geplanten Projekt erhalten Sie bei Helena Bielak (h.bielak@iww-online.de) oder bei Prof. Dr. Elke Dopp (e.dopp@iww-online.de, Tel.: 0208/4 03 362).



IWW erhält Auftrag des Umweltministeriums NRW zur Gefährdungsbeurteilung undichter Abwasserkanäle

Das IWW hat einen Auftrag des Umweltministeriums über ein „Landesweites Monitoring über die Auswirkungen undichter privater Abwasserleitungen auf den Boden und das Grundwasser“ erhalten. Unter Leitung von Dr. Axel Bergmann untersucht das Konsortium aus Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Emscher Wassertechnik GmbH, Institut für

Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) und geo-id GmbH in dem dreijährigen Vorhaben an konkreten Schadstellen und repräsentativen Grundwassermessstellen die Risiken für Boden und Grundwasser, Flora und Fauna sowie für den Menschen. Grundlage für die Risikobewertung sind umfangreiche Untersuchungen des Bodens sowie des Sicker- und

Grundwassers auf organische und anorganische Schadstoffe und Mikroorganismen. Unterstützt wird das Vorhaben von den Wasserverbänden Ertverband, Linksnieder-rheinische Entwässerungs-Genossenschaft und Emschergenossenschaft/Lippeverband sowie zahlreichen Städten und Kommunen.

Die entsprechende Änderung der Trinkwasserverordnung wird bis Ende 2015 erfolgen

Die Untersuchung der Trinkwasserqualität auf radioaktive Stoffe wird verpflichtend

Bisher erfolgt keine behördliche Überwachung der Trinkwasserqualität auf radioaktive Stoffe.

Mit der anstehenden Änderung der TrinkwV 2001 werden jetzt Anforderungen an die Messung und Überwachung der Trinkwasserqualität im

Hinblick auf künstliche und natürliche radioaktive Stoffe festgelegt.

Die Strahlenbelastung durch Radionuklide im Trinkwasser ist in Deutschland im Durchschnitt als sehr gering einzuschätzen und Gesundheitsgefährdungen können grundsätzlich ausgeschlossen werden. Gleichwohl hat sich gezeigt,

dass die Schwankungsbreite der Konzentrationen natürlicher Radionuklide im Trinkwasser sehr groß ist und in Einzelfällen Maßnahmen zu deren Reduzierung aus Vorsorgegründen angezeigt sind (Begründung zur Änderung der TrinkwV). Vor diesem Hintergrund wird zur Überwachung der Trinkwasserqualität eine orientierende „Erstuntersuchung“ gefordert werden. Diese dient der Ermittlung und Bewertung der im Jahresdurchschnitt vorliegenden Aktivitätskonzentration und umfasst vier Trinkwasseruntersuchungen in vier unterschiedlichen Quartalen innerhalb von zwölf Monaten.

Für die Wasserversorgung ist diese verpflichtende „Erstuntersuchung“ des Trinkwassers auf Radon-222 und die Richtdosis (einschließ-

lich der Radonfolgeprodukte Blei-210 und Polonium-210) für 2016 zu erwarten. Eine Untersuchung auf Tritium als Indikator für Radionuklide künstlichen Ursprungs wird in der Regel nicht erforderlich sein.

Das IWW-Labor ist eines der wenigen Trinkwasserlabore, die für die Untersuchung von Trinkwasser auf Radon-222 und die Richtdosis (Gesamt-Alpha-Aktivität mit dem Screening-Verfahren) akkreditiert sind.

Bei Fragen zu radioaktiven Stoffen im Trinkwasser und zu unserem Analytik-Angebot für diese Erstuntersuchung wenden Sie sich bitte an: Dr. Achim Rübel (a.ruebel@iww-online.de, Tel. 0208/4 03 311).

Forschung für saubere Badegewässer



Deutschlands Flüsse sind in den vergangenen Jahrzehnten deutlich sauberer geworden. Allerdings liegen von den über 2000 nach EG-Badegewässerrichtlinie registrierten Badegewässern tatsächlich nur rund 30 an Flüssen. Dies hat seinen Grund: Die hygienische Wasserqualität schwankt in den meisten Fließgewässern stark, sodass gesundheitliche Risiken beim Baden in Flüssen schwer einzuschätzen sind.

Badegewässer unterliegen nach EG-Badegewässerrichtlinie in der Badesaison einem monatlichen Überwachungsturnus. Darüber hinaus müssen für alle Badegewässer sogenannte Badegewässerprofile erstellt werden, die u. a. alle potentiellen Belastungsquellen durch hygienisch relevante Bakterien und Viren aufzeigen und damit vorbeugende Maß-

nahmen zum Schutz der Badenden ermöglichen. Hauptursache für derlei Belastungen in Flüssen sind Abwassereinleitungen sowie bei starken Regenfällen Mischwasserüberläufe, Einleitungen der Regenwasserkanalisation und Einträge von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Priorisierung von Vorsorgemaßnahmen ist im Einzelfall schwierig, da sich die Anteile der unterschiedlichen Verschmutzungsquellen an der Gesamtbelastung bislang nur schwer abschätzen lassen.

Genau hier setzt das Forschungsvorhaben FLUSSHYGIENE an. Dieses im Juni 2015 gestartete Vorhaben soll Instrumente entwickeln, mit denen kurzzeitig auftretende hygienische Verschmutzungen und deren Ausbreitung in Flüssen vorhergesagt werden können. Ziel ist der Aufbau von Prognoseinstrumenten

und Frühwarnsystemen für Badegewässer, die dann deutschlandweit benutzt werden können. Die Untersuchungen werden an den Flüssen Spree, Havel, Ruhr, Rhein, Mosel sowie Ilz und Isar durchgeführt. In Berlin soll außerdem die Realisierung weiterer Badestellen an der Spree geprüft werden.

Das über das Kompetenzzentrum Wasser Berlin koordinierte Vorhaben FLUSSHYGIENE ist Teil der BMBF-Fördermaßnahme „Regionales Wasserressourcen-Management für den nachhaltigen Gewässerschutz (ReWaM)“ im Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Wassermanagement (NaWaM)“. Am Vorhaben sind insgesamt 10 Verbundpartner aus Abwasserentsorgungsbetrieben, Forschungseinrichtungen, Universitäten, Verbänden und Behörden beteiligt.

IWW ist in dem Projekt mit den Bereichen Wasserökonomie & Management, Wasserressourcen-Management und Angewandte Mikrobiologie beteiligt und führt einen Teil der vorgesehenen mikrobiologischen Untersuchungen und Gewässermodellierungen durch. IWW ist auch für eine Gesamtbewertung in Form einer Kosten-Nutzen-Analyse für ausgewählte Badestellen in Berlin im Arbeitspaket Hygienemanagement verantwortlich.

Ansprechpartner: Andreas Hein

BINGO: Bringing INnovation to onGOing water management – a better future under climate change

BINGO (2015 – 2019) fokussiert auf die Bereitstellung von anwendungsbasiertem Wissen und Werkzeugen für Anwender, Wassermanager, Entscheidungsträger und Politiker, welche sich mit der Problematik des Klimawandels beschäftigen. Durch BINGO sollen die Auswirkungen auf die Wasserressourcen besser verstanden und abgefedert werden, insbesondere für Dürren und Überflutungen.

BINGO wird maßgeschneiderte Lösungswege für spezifische klimarelevante Fragestellungen erarbeiten, gerade auch für besonders gefährdete und gleichzeitig stark beanspruchte Wasserressourcen. Für insgesamt sechs verschiedene Untersuchungsgebiete in Portugal, Spanien, Zypern, Niederlande, Norwegen und Deutschland werden aktuelle Klimawandelszenarien für die nahe Zukunft bis 2025 ver-

wendet, um die wasserrelevanten Effekte zu analysieren und zu bewerten. Die wichtigsten zu erwartenden Ergebnisse von BINGO sind:

- Neue hochaufgelöste Projektionen von Klimadaten durch statistische Modellierung
- Integrierte Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserressourcen
- Entwicklung von Handlungsempfehlungen und -strategien zur Unterstützung von Entscheidungsträgern, Schaffung von gemeinsamen Diskussionsgrundlagen für unterschiedliche Akteure sowie Sensibilisierung der Bevölkerung für verschiedene Aspekte des Klimawandels

Das deutsche Untersuchungsgebiet ist das Flusseinzugsgebiet der Wupper. Zusammen mit dem Wupperverband wird IWW die Auswirkungen des Klimawandels auf die Ausbalancie-

rung von Trinkwasserproduktion, Wasserenergie, ökologischer Mindestabfluss, Landwirtschaft und Naherholung untersuchen. Hierbei steht insbesondere die steigende Klimavariabilität im Vordergrund, da Dürren und Überflutungen eine Gefahr für das Wassermanagement in der nahen Zukunft bis 2025 darstellen.

Die IWW-Projektleitung liegt bei Dr. Tim aus der Beek; bei wasserökonomischen Fragen ist Andreas Hein zuständig.

BINGO wird über das Rahmenprogramm „Horizon 2020 Research and Innovation programme“ der Europäischen Union mit dem Förderkennzeichen 641739 finanziert. www.projectbingo.eu oder www.facebook.com/projectbingo.eu

Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen – bei IWW bekommen Sie kompetente Unterstützung aus einer Hand



Seit Januar 2015 ist die neue VDI-Kühlturmregel „Rückkühlwerke – Sicherstellung des hygienegerechten Betriebs von Verdunstungskühlanlagen“ VDI 2047 Blatt 2 in Kraft. Die Richtlinie ist mit der Veröffentlichung eine allgemein anerkannte Regel der Technik. Die Inhalte sind dementsprechend einzuhalten bzw. umzusetzen. Damit kommen vielfach neue Aufgaben und Herausforderungen auf die Betreiber von offenen Kühlsystemen zu.

Das IWW hat sich schon lange vor der Entstehung der VDI-Richtlinie mit den Themen Legionellen in Kühlsystemen, der mikrobiologischen und chemischen Analytik von Kühlwasserproben sowie Risikobewertungen aus hygienischer Sicht auseinandergesetzt und kann hierzu langjährige Erfahrung und Kompetenz aufweisen. Das IWW war durch Dr. Gabriela Schaule im VDI-Gremium an der Erstellung der VDI 2047

Blatt 2 beteiligt. Außerdem arbeitet das IWW in den Expertenkreisen des LANUV NRW und des Umweltministeriums NRW (MKUNLV), vertreten durch Dr. Martin Strathmann, mit.

Gerne unterstützen wir Sie zum Thema Kühlwasser z. B. in folgenden Punkten:

Kühlwasseranalytik: Das IWW bietet Ihnen als akkreditiertes Labor (DIN EN ISO/IEC 17025) eine verlässliche Analytik von Kühlwasserproben z. B. auf *Legionella sp.*, allgemeine Koloniezahl, *P. aeruginosa* und chemische Wasserparameter an. Bei Bedarf führen wir für Sie auch die Probenahme vor Ort durch.

Risikobewertungen: Ein wesentlicher Bestandteil der Anforderungen der VDI 2047 Blatt 2 sind die durchzuführenden Gefährdungsbeurteilungen. Auch hierbei kann das

IWW Sie unterstützen und eine Risikobewertung mit Augenmerk auf den hygienischen Aspekten für Ihr Kühlwassersystem durchführen. Um den Zustand eines Systems und das Risiko für mögliche Gefahren bewerten zu können, führt das IWW Begehungen von Kühlwassersystemen und Bestandsaufnahmen vor Ort sowie systematische Probenahmen und Analysen durch, um Schwachstellen zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen und Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Schulungen: Das IWW bietet Ihnen als offizieller VDI-Schulungspartner Schulungen gemäß VDI 2047 Blatt 2 zum Nachweis der geforderten Qualifikation Ihrer Mitarbeiter an.

Aktuelle Schulungstermine finden Sie unter www.iww-online.de/veranstaltungen/#tab-id-4 oder durch das ein-scannen des QR-Codes.



Bei größeren Personenzahlen führen wir eine entsprechende Schulung auch gerne als Inhouse-Schulung bei Ihnen im Hause durch.

Benötigen Sie weitere Informationen oder haben Sie Fragen zu der Thematik? Für Rückfragen stehen Ihnen Dr. Martin Strathmann (Tel. 0208/4 03 03-361) und Dr. Gabriela Schaule (Tel. 0208/4 03 03-411) zur Verfügung, gerne erstellen wir Ihnen unverbindlich ein Angebot.

Grundwassersanierung mit Eisenoxid-Nanopartikeln

Kontaminationen breiten sich im Grundwasser oft über große Entfernungen aus. Der natürliche Abbau in Schadstoffzonen von Mineral- oder Teerölschäden ist dabei oft durch den Mangel an Elektronenakzeptoren für die mikrobiellen Atmungsvorgänge, wie z. B. Sauerstoff, Sulfat oder Eisen(III), begrenzt.

Um diese natürlichen Abbauvorgänge zu stimulieren, können diese Elektronenakzeptoren in den belasteten Aquifer injiziert werden. Sauerstoff verfügt jedoch nur über eine mäßige Löslichkeit in Wasser, und Sulfat wird durch die mikrobielle Reduktion zu Sulfid, was der Grundwasserqualität nicht eben zuträglich ist. Im BMBF-geförderten Forschungsprojekt NanoSan haben wir daher kolloidal

gelöste Eisenoxid-Nanopartikel in industriellem Maßstab hergestellt und in einem Feldversuch als Elektronenakzeptoren getestet. Diese Partikel bleiben über mehrere Wochen in Lösung ohne zu sedimentieren, lassen sich weitgehend problemlos in Böden injizieren und sie sind ökotoxikologisch unbedenklich. Der nanobasierte Ansatz bietet zudem weitere Vorteile: Die Suspension kann zielgenau und maßgeschneidert am Standort eingebracht werden. Weiterhin fallen die Nanopartikel nach der Injektion aus und zeigen keine weitere Verlagerung mit dem Grundwasserstrom.

Mit der Injektion konnte ein Bereich von 5 m Durchmesser homogen mit Nanopartikeln angereichert werden. In den Monaten nach

der Injektion konnten wir dann einen deutlichen Anstieg der Eisen(II)-Konzentrationen im Abstrom feststellen, begleitet von einem Rückgang der Schadstoffkonzentrationen. Über den Projekt-Zeitrahmen von einem Jahr konnten wir demnach eine Biobarriere aus eisenreduzierenden, schadstoffabbauenden Bakterien erzeugen. Der Einsatz von Eisenoxid-Nanopartikeln erweist sich damit als vielversprechendes Werkzeug für die effektive, nachhaltig wirksame Bioremediation von Kohlenwasserstoffen.

Ansprechpartner: Dr. Julian Bosch (julian.bosch@uni-due.de) und Prof. Dr. Rainer Meckenstock (rainer.meckenstock@uni-due.de), Biofilm Centre, Universität Duisburg-Essen.

Neuartige Trinkwasser- und Sanitärsysteme: Konkrete Planung für das Modellgebiet Westerholt kann beginnen

Gemeinsam mit Forschern, Planern und Betreibern entwickelt IWW im BMBF-Forschungsvorhaben TWIST++ Konzepte für zukunftsfähige Trinkwasser- und Abwasserkonzepte. In drei Modellgebieten, darunter das Gelände der stillgelegten Zeche Westerholt, sollen exemplarisch ausgewählte Konzepte in der Planungs- und Umsetzungsphase demonstriert werden. Parallel fand ein Wettbewerb zur Neugestaltung und Nachfolgenutzung des Zechengeländes mit zusätzlichem dialogorientiertem Gutachterverfahren statt. Inzwischen wurde auf Basis des Gewinner-Entwurfes „Labor des Wandels“ ein zuge-

höriger Masterplan erstellt. Hierin werden auch Prinzipien und Ziele von TWIST++ (wie Kreislaufwirtschaft und Zwischenzustände) sichtbar. Dies ist auf einen Informationsaustausch zwischen Planern, Auftraggebern und dem TWIST++-Projektteam zurückzuführen. Auf Basis des Masterplans kann das TWIST++-Projektteam weitere auf eine Umsetzung abzielende Planung zu zukunftsfähigen Trinkwasser- und Abwasserkonzepten starten. Weitere Informationen finden sich auf <http://www.twistplusplus.de/twist-de/index.php> und www.neue-zeche-westerholt.de.
Ansprechpartner: Dr. Christian Sorge



Das geplante Baukonzept des Modellgebietes „Neue Zeche Westerholt“ aus der Schrägluftperspektive. Quelle: Bob Gysin + Partner BGP Architekten, Zürich, wbp Landschaftsarchitekten GmbH, Bochum, CIMA Beratung + Management GmbH, Köln.

Netzentkoppelte Löschwasseralternativen



Unterirdischer Löschwasserbehälter mit 25 m³ Fassungsvermögen und Saugstelle. Foto: A. Lorenz.

Wandelprozesse wie der demographische Wandel oder auch der Klimawandel wirken sich bereits heute in vielen Regionen spürbar auf den Trinkwasserverbrauch der Haushalte aber auch Industrie aus.

Hier ist in vielen Fällen tendenziell gegenüber Prognosen ein vergleichsweise geringer oder rückgängiger Trinkwasserverbrauch

erkennbar. Die Auswirkungen geringer oder zurückgehender Verbräuche sind bekannt, wie z. B. verringertes oder stagnierendes Fließregime im Netz in Verbindung mit zunehmendem Aufkeimungspotenzial und Trübungserscheinungen.

Eine Anpassung der Leitungsdimension (z. B. Durchmesseroptimierung) zur Verbesserung der hydraulischen Bedingungen ist oft nicht möglich, da die zumeist kleineren Leitungsdurchmesser nicht mehr die Bereitstellung der erforderlichen Löschwassermengen über das Trinkwassernetz erlauben. Eine Lösung dieses Problems stellt die netzentkoppelte alternative Löschwasserbereitstellung dar, so dass relevante Trinkwasserteilnetze nur nach dem (künftigen) Trinkwasserverbrauch bemessen oder angepasst werden müssen. Im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens

TWIST++ hat IWW erste technisch-konzeptionelle Alternativen zusammengetragen oder erarbeitet. Es zeigte sich, dass vor allem im ländlichen Raum praxistaugliche und akzeptierte Einzellösungen existieren.

IWW entwickelt Methoden, um solche Einzellösungen zu einem alternativen funktionieren Löschwasserkonzept zu erweitern. Ein Beispiel wäre die Kombination von Löschwasserteichen mit separaten Löschwasserleitungen, um die flächenmäßige Abdeckung mit Löschwasser in dünnbesiedelten Räumen zu erhöhen. Zusammen mit weiteren Projektpartnern wird in TWIST++ zudem nach technisch-organisatorischen Konzepten zur Integration der Löschwasserbereitstellung in innovative Wasserinfrastruktursysteme geforscht.

Ansprechpartner: Dr. Christian Sorge

Entfernung von Permanganat mit „Voraktivat“

Permanganat entsteht im Aufbereitungsprozess durch die Oxidation von Mangan (II) Ionen, z. B. bei der Ozonung. Es ist in den üblichen pH- und Redox-Bereichen stabil, kann jedoch durch Reduktion gut entfernt werden. Üblicherweise wird hierzu sog. Voraktivat oder Aktivkohle (AK) eingesetzt.

In einem Wasserwerk, das zur Aufbereitung von Uferfiltrat die Verfahrensfolge Ozonung – Zweischichtfiltration – AK-Adsorption nutzt, traten nach langjährigem problemlosen

Betrieb plötzlich bei Wiederinbetriebnahme der reaktivierten AK-Filter erhöhte Mn-Konzentrationen im Ablauf auf. Bei der Ursachenforschung wurden bereits im Ablauf der ersten Filterstufe erhöhte Mn-Konzentrationen festgestellt. Eine Überprüfung der Dokumente zeigte, dass zwei Jahre zuvor bei der Sanierung der Mehrschichtfilter natürliches Anthrazit und nicht, wie ursprünglich vorgesehen, „Voraktivat“ (thermisch behandelte Kohle) eingesetzt worden war. Dies hatte zu einer Manganbeladung der Aktivkohle

geführt. Ein im Labor durchgeführter Kleinfilterversuch führte zu dem Ergebnis, dass die Eliminationswirkung von Braunkohlekoks ca. viermal so groß war wie die von unbehandeltem Anthrazit. Durch den Austausch der oberen Filterschicht in den Zweischichtfiltern konnte die Elimination von Mangan wieder sichergestellt werden.

Ansprechpartner: Barbara Zimmermann

Wiederverwendung gebrauchter Aktivkohlen aus der Trinkwasseraufbereitung zur Spurenstoffentfernung bei der Abwasserreinigung

Anja Rohn, Dr. Andreas Nahrstedt (IWW Zentrum Wasser), Dr. Mathias Schöpel, Ronald Roepke (RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH)

In Wasserwerken wird die Aufnahmekapazität von Aktivkohle aufgrund des niedrigen Konzentrationsniveaus der zu entfernenden Spurenstoffen nur in geringem Maße genutzt, bevor die Kohle energie- und kostenintensiv reaktiviert wird. Deshalb wurde im Rahmen des Projektes „Reaktiv“ gemeinsam mit RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH, Emschergenossenschaft-Lippeverband und Ruhrverband untersucht, ob eine gezielte Weiterverwendung der gebrauchten Wasserwerkskohle nach Pulverisierung in der Abwasserreinigung möglich und großtechnisch realisierbar sowie wirtschaftlich ist.

Gemahlene Wasserwerkskohle im Vergleich zu frischer Pulveraktivkohle

Der Einsatz von Aktivkohle (AK) in Wasserwerken erfolgt in Deutschland überwiegend in granulierter Form (GAK) in sogenannten Festbettfiltern. Ist die maximale Aufnahmekapazität der AK gegenüber den zu entfernenden Störstoffen erreicht, wird sie normalerweise in einem energieintensiven Prozess reaktiviert und erneut in den Wasserwerks-Filtern verwendet. In Kläranlagen wird AK bisher überwiegend in pulverisierter Form (PAK) als zusätzliche vierte Reinigungsstufe eingesetzt. Die Beladung der AK im Wasserwerk ist aufgrund des deutlich niedrigeren Konzentrationsniveaus an Spurenstoffen und organischem Hintergrund (DOC) im Vergleich zu einer Beladung bei der Abwasseraufbereitung nur gering, da die maximal erzielbare Beladung konzentrationsabhängig ist. Die potenziell nutzbare Adsorptionskapazität der GAK wird in Wasserwerken somit bei weitem nicht ausgeschöpft. Für eine Weiterverwendung

in der Abwasserreinigung muss die GAK in einem Mahlprozess zu Pulveraktivkohle (PAK) aufbereitet werden. Die grundsätzliche Eignung von GAK zur Weiterverwendung als PAK wurde zunächst in Laborversuchen nachgewiesen. Bei Einsatz einer Re-Agglomerat-GAK auf Steinkohlebasis konnte bereits nach kurzer Mahldauer die gewünschte und auf Kläranlagen übliche PAK-Feinheit erreicht werden. Es wurde ein Nassmahlverfahren gewählt, da anderenfalls ein Trocknungsprozess als überflüssiger Kosten- und Energieverbrauchs faktor notwendig wäre. Außerdem erfordert eine Trockenmahlung von Kohle wegen der starken Staubeentwicklung und Aufheizung zusätzliche Schutzmaßnahmen. Trocken auf Kläranlagen angelieferte PAK muss vor der Dosierung aufwändig benetzt und suspendiert werden.

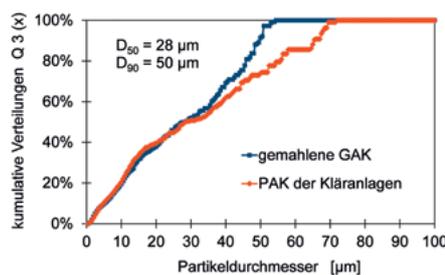


Abbildung: Partikelgrößenverteilung der gemahlene Wasserwerkskohle und der frischen PAK

Die Ergebnisse von Adsorptionsisothermen haben gezeigt, dass sich die Eliminationsleistung der gemahlene GAK gegenüber ausgewählten Spurenstoffen nicht signifikant von handelsüblicher PAK unterscheidet.

Eine Desorption von Substanzen, die im Wasserwerk von der AK adsorbiert wurden, konnte für die praxisüblichen spezifischen PAK-Dosiermengen nicht nachgewiesen werden.

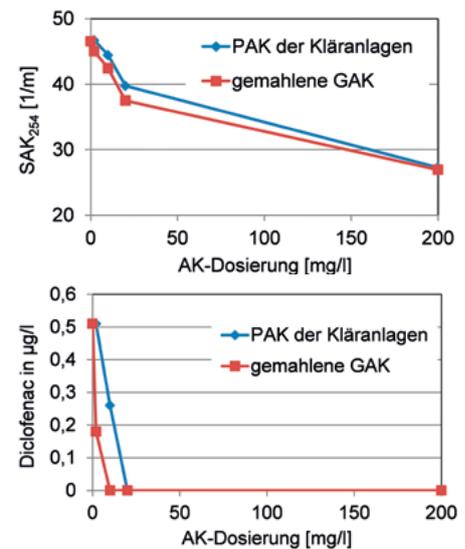


Abbildung: Konzentrationsabnahme mit der Dosiermenge gemahlener Wasserwerkskohle und frischer PAK

Demonstration im großtechnischen Einsatz

Um die positiven Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen für die Praxis nutzbar zu machen, wurde zunächst ein Logistik-Konzept für den neuen Nutzungsweg der AK entwickelt, welches die folgenden Arbeitsschritte beinhaltet: Ausbau der AK aus den Wasserwerksfiltern und Transport zum Mühlenstandort, Mahlprozess, Zwischenlagerung der GAK und der gemahlene PAK-Suspension, Transport der PAK-Suspension, Dosierung auf den Kläranlagen. Die Praktikabilität des entwickelten Konzeptes im Rahmen der bestehenden Strukturen und Anlagen von Wasserwerken und Kläranlagen wurde großtechnisch demonstriert. Es erfolgte eine Dosierung der PAK-Suspension auf zwei Kläranlagen über einen Zeitraum von jeweils vier Wochen. Die Spurenstoffelimination der aufgemahlene Wasserwerks-GAK ist auch unter großtechnischen Bedin-

gungen mit einer auf Kläranlagen etablierten frischen PAK vergleichbar. Hinsichtlich schwer adsorbierbarer Substanzen wie z. B. verschiedener Röntgenkontrastmittel zeigte die vorbeladene Wasserwerks-AK tendenziell eine leicht schlechtere Aufnahmekapazität. Grund dafür könnte aber auch sein, dass die AK-Behandlung ohnehin kein sehr effektives Verfahren zur Elimination dieser Substanzen ist. Eine grundsätzlich immer bestehende Option, die Elimination der PAK noch zu verbessern, bestünde in einer Erhöhung der spezifischen PAK-Dosis.

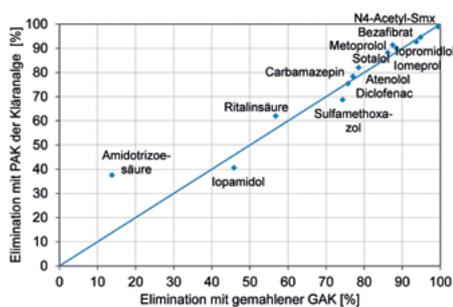


Abbildung: Spurenstoffelimination mit gemahlener Wasserwerkskohle und mit frischer PAK

Effizienzanalyse

Für den entwickelten neuen Nutzungsweg von AK wurde eine Effizienzanalyse durchgeführt im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, ökologische Auswirkungen und weitere nicht direkt quantifizierbare Kriterien, sogenannte Nutzwerte (z. B. logistischer Aufwand, Entwicklung eines Geschäftsfeldes). Die wesentlichsten Kostenbestandteile sind: Investitions- und Instandhaltungskosten für den Mahlprozess und die Kohle-Lagerung, Energie- und Personalkosten der Mahlung, Kosten für Einkauf von GAK bzw. PAK, Transportkosten. Bei der Analyse wurden auch die verschiedenen möglichen Standorte für die Durchführung des Mahlprozesses – Dienstleister, Wasserwerk, Kläranlage – berücksichtigt. Die entscheidenden Kostenfaktoren sind die Frischkohle, mit der die abgegebene AK in Wasserwerken ersetzt werden muss und die Investitionskosten für die Mahlanlage. Der beschriebene Nutzungsweg der AK stellt sich somit nur wirtschaftlich dar, wenn die Mahlanlage ausgelastet wird oder bei Verwendung von AK, die in Wasserwerken nicht mehr benötigt wird und somit nicht durch Frischkohle ersetzt werden muss.

Die Installation eines kontinuierlichen Prozesses wäre allerdings nur wirtschaftlich, wenn ausreichende AK-Mengen zur Verfügung stehen, um KA langfristig zu versorgen. Der Standort der Mahlanlage spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Inwieweit das entwickelte Logistik-Konzept tatsächlich wirtschaftlich ist, hängt weiterhin von den konkreten Voraussetzungen aller beteiligten Unternehmen ab. Preise unterliegen immer einem Verhandlungsspielraum, aber auch Personal- und Energiekosten können sehr unterschiedlich ausfallen. Gute Chancen für wirtschaftliche Vorteile werden gesehen, wenn sich mehrere Wasserwerke und Kläranlagen für die Umsetzung des entwickelten Konzeptes zusammenschließen. Dies wäre auch vor dem Hintergrund sinnvoll, dass eine ständige Verfügbarkeit der PAK auf den Kläranlagen gewährleistet werden muss, denn verfügbare AK-Mengen und deren Ausbau-Frequenz aus Wasserwerksfiltern sind sehr unterschiedlich.

Das Projekt

Das Forschungsvorhaben „ReAktiv“ wurde aus EU-Mitteln gefördert und koordiniert vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW). Die Bearbeitung erfolgte im Zeitraum Oktober 2012 bis März 2015 gemeinsam mit RWW (Projektleitung) und mit Unterstützung von Ruhrverband und Emschergenossenschaft/Lippeverband.

Umweltrelevanz

Um den neuen Nutzungsweg von AK hinsichtlich der Umweltrelevanz bewerten zu können, wurde dessen Carbon Footprint (CF) über den Bilanzraum Wasserver- und Abwasserentsorgung ermittelt. Dieser würde sich im Vergleich zum derzeitigen Vorgehen um 1,7 t CO₂-Äquivalente (CO₂e) pro Tonne AK verringern (Verminderung um 14 %). Der weitaus größte Anteil entfällt auf den CF, der aus der Herstellung der GAK resultiert, die im WW ersetzt werden muss. Die Anteile des Mahlprozesses und der Transporte sind im Verhältnis vernachlässigbar. Entsprechend groß wären die CO₂e-Einsparungen (99 %), wenn man für den beschriebenen Nutzungsweg nur AK verwenden würde, die in Wasserwerken nicht mehr benötigt und somit

auch nicht durch Frischkohle ersetzt werden müsste. Bei einer jährlichen AK-Abgabemenge von beispielsweise 50 t könnten dann 590 t CO₂e eingespart werden. Nimmt man rein kalkulatorisch an, dass alle 69 Kläranlagen des Ruhrverbandes mit einer Gesamtausbaugröße von 3.266.000 EW (2011) eine PAK-Behandlung nachrüsten würden, hätte das einen PAK-Bedarf von rund 7.200 t/a zur Folge (bei einer Dosierung von 10 mg/l). Diesem Bedarf steht in den Wasserwerken an der Ruhr eine AK-Menge von 2.500 t/a (Abschätzung RWW, 2010) gegenüber, die theoretisch zur Weiterverwendung auf Kläranlagen genutzt werden könnte. Mit dieser AK-Menge könnte man somit ca. ein Drittel der Kläranlagen des Ruhrverbandes versorgen.

Auswahl effizienter Aktivkohlen

Die auf dem Markt befindlichen zahlreichen Aktivkohleprodukte unterschiedlicher Hersteller unterschieden sich primär hinsichtlich des Rohstoffes (z. B. Steinkohle, Braunkohle, Kokosnussschalen), des Aktivierungsgrades (i. d. R. charakterisiert durch die Iodzahl oder BET-Oberfläche) und der Applikationsform (Pulveraktivkohle, körnige Aktivkohle). Bei körniger Aktivkohle ist zudem die Herstel-

lungsart (Direkt-Aktiviert, Re-Agglomerat) und im letzteren Fall auch noch die Formgebung (körnig, zylindrisch) entscheidend. Dadurch bedingt ergeben sich für die Vielfalt an Aufgaben bei der Aufbereitung unterschiedliche Leistungsspektren. Die Auswahl einer Aktivkohle für einen bestimmten Zweck wird deshalb überwiegend auf der Grundlage folgender Analysen vorgenommen:

- Adsorptionsisothermen zur Ermittlung der erreichbaren Aktivkohlebeladung für konkrete Spurenstoffe
- Adsorptionsanalysen für den DOC eines Wassers, Berechnung der DOC-Konkurrenz bei der Spurenstoffadsorption
- Bestimmung von Adsorptionskennzahlen: Jodzahl, Methylenblauzahl, Diclofenac-Zahl, BET-Oberfläche
- Abstimmung der Partikelgröße von Pulveraktivkohle auf eine Applikation

Für belastbare Prognosen über das Verhalten der Aktivkohle im großtechnischen Einsatz sind Vorversuche im kleintechnischen Maßstab unerlässlich.

Zielgerichtete (Re)aktivierung von Aktivkohle – eine Technologie mit Zukunftspotenzial

Lucas Landwehrkamp, Dr. Ralph Hobby und Prof. Dr. Stefan Panglisch

Adsorptionsprozesse gehören im Jahr 2015 zu den Standardverfahren in der Wasseraufbereitung. Dabei kommt der Aktivkohle (siehe Textbalken) als Adsorbens eine besondere Bedeutung zu: Als großindustriell verfügbares Produkt ist sie im Vergleich zu anderen technischen Adsorbentien verhältnismäßig preiswert. Sie ist ein relativ „unspezifisches“ Adsorbens und besitzt gute Adsorptionseigenschaften für eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffe. Das bedeutet, dass sich an der großen inneren Oberfläche des Materials viele verschiedene Stoffe anlagern können.

In der Trinkwasseraufbereitung wird in Deutschland in vielen Wasserwerken eine Aktivkohlestufe zur Reinigung des Wassers von gelösten organischen Wasserinhaltsstoffen eingesetzt. Aufgrund des steigenden Bewusstseins gegenüber organischen Mikroschadstoffen (siehe Textbalken) ist mit einer zunehmenden Bedeutung von Adsorptionsverfahren zu rechnen. Im Bereich der Abwasserreinigung wird in einigen kommunalen Kläranlagen in Deutschland eine vierte Reinigungsstufe zur Entfernung von Mikroschadstoffen gebaut bzw. betrieben (bspw. 17 Kläranlagen in NRW [Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW, 2015]). Bei Einsatz einer Ozonung wird im Ablauf der Ozonung zudem eine Aktivkohle empfohlen, um evtl. gebildete Transformationsprodukte zu entfernen. Im Bereich der industriellen Wasseraufbereitung wird Aktivkohle zur Prozess- und Abwasseraufbereitung eingesetzt, wobei auch hier aufgrund steigender Anforderungen an die Abwasserqualität sowie durch das Schließen von Prozesswasserkreisläufen zur Verringerung des Wasserbedarfes von einem steigenden Aktivkohlebedarf ausgegangen werden kann.

Es hat sich gezeigt, dass eine Korrelation zwischen der Polarität der Aktivkohle und ihren Adsorptionseigenschaften für Mikroschadstoffe besteht. Dies liegt in der molekularen Struktur des Materials begründet. Aktivkohle besteht aus Mikrokristallen von graphitischem Kohlenstoff, deren ungeordnete Anordnung zueinander zur hochporösen Struktur des Materials führt (Abbildung 1) (Bandosz, 2006).

Sie verfügt zunächst über eine relativ unpolare „Oberfläche“ von sp^2 hybridisierten Kohlenstoffatomen. Damit sind unpolare Mikroschadstoffe zumeist besser mit Aktivkohle entfernbar als polare.

Im Vergleich zu reinem Graphit, dessen Schichten in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind, liegen die Schichten in Aktivkohle ungeordnet und „verzerrt“ zueinander vor. Dies ist ein Resultat der enthaltenen Heteroatome und ungesättigten Valenzen, insbesondere an den Rändern der Graphit-Sechsringschichten. Daraus lassen sich zwei Schlussfolgerungen ziehen:

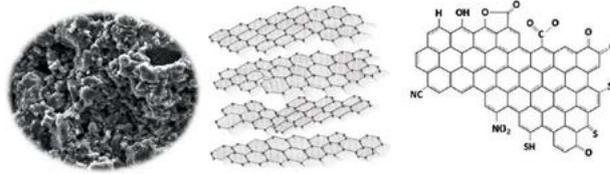
- Aktivkohlen aus unterschiedlichen Herstellungsprozessen und Rohmaterialien unterscheiden sich erheblich voneinander.
- Heteroatome können die Adsorptionseigenschaften gegenüber Störstoffen sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

Eine aussagekräftige und praxisrelevante Charakterisierung der Aktivkohle in Bezug auf ihre Entfernungsleistung und Adsorptionskapazität ist daher bei der Optimierung einer Adsorptionsstufe besonders wichtig. Sie ermöglicht die Auswahl des am besten geeigneten Produktes und Verfahrens und eine optimale Ausnutzung. Hier haben das IWW und der Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik/Wassertechnik an der Uni-Duisburg-Essen (MVT/WT) in der Vergangenheit ihre Fachkompetenz bereits in vielen Projekten in der Trink- und Abwasseraufbereitung unter Beweis gestellt. Der Fokus liegt dabei nicht allein auf der Anwendung von Standardpara-

metern zur Charakterisierung (Adsorptionsisothermen zur Bestimmung der Adsorptionskapazität, Kinetikversuche, Betrieb von AK-Filtern im Labormaßstab, Charakterisierung der Adsorbensoberflächengruppen mit Böhm-Titration, Iodzahl, Adsorptionsanalyse) sondern vielmehr in der Entwicklung individuell angepasster Verfahren für den einzelnen Kunden. Dies spiegelt sich auch in den zu diesem Thema veröffentlichten wissenschaftlichen Fachbeiträgen wieder (z.B. Hoffmann & Hobby, 2013, Landwehrkamp, et al., 2014, 2015).

Neben konventionellen Aktivkohlen können zukünftig auch speziell modifizierte Adsorbentien mit maßgeschneiderten, verbesserten und selektiven Adsorptionseigenschaften eine wichtige Rolle spielen. Im Zuge von Weiterentwicklung und Ausbau des Forschungsbereichs „Adsorption“ wird ein zukünftiger Schwerpunkt der MVT/WT die gezielte Veränderung und Anpassung der chemisch-physikalischen Eigenschaften von Aktivkohlen und weiteren Adsorbentien sein. Ende 2015 wird hierzu am Lehrstuhl ein Drehofen im Labormaßstab zur Verfügung stehen. Neben der Optimierung der physikalischen Eigenschaften (z. B. innere Oberfläche, mechanische Stabilität usw.) werden dann gezielte Anpassungen der chemischen Oberflächeneigenschaften durchgeführt. So kann durch starke Oxidation die Polarität der Aktivkohleoberfläche und somit die Adsorptionskapazität für bestimmte Stoffe verbessert werden (z. B. Jia & Thomas, 1999). Durch das gezielte Einbringen von Heteroatomen in die Kohlenstoffstruktur kann nicht nur die Adsorptionskapazität gegenüber bestimmten Stoffen erhöht, sondern auch die Selektivität der Aktivkohle verbessert werden. Ein Beispiel ist die „Dotierung“ mit Schwefel zur verbesserten Adsorption von Schwermetallkationen (z. B. Tajar et al., 2009).

Abbildung 1: Aufbau von Aktivkohle. Deutlich zu sehen auf der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme ganz links ist die poröse Struktur des Materials. An den Rändern der Graphit-Sechsringschichten kommt es aufgrund der dort ungesättigten Valenzen der Kohlenstoffatome zu Anlagerung von Heteroatomen wie z.B. Sauerstoff.



Die chemische Modifizierung ermöglicht in vielen Fällen nicht nur einen effizienteren Einsatz der Aktivkohle sondern macht Spezialanwendungen z.B. bei der Aufbereitung von industriellen Wässern überhaupt erst möglich. Die wissenschaftliche Aktualität und Relevanz dieses Ansatzes spiegelt sich auch in der steigenden Anzahl der entsprechenden Veröffentlichungen wider: Eine Suche nach „chemical modification activated carbon“ in der wissenschaftlichen Datenbank Scopus

liefert 1.211 Ergebnisse (Stand 06/2015), wobei mehr als 80% der Veröffentlichungen jünger als 15 Jahre sind. Durch die Zusammenarbeit der MVT/WT und des IWW ist es möglich, die gewonnenen Erkenntnisse und Produkte schnell und praxisnah zu erproben. Dabei können durch den engen Kontakt des IWW zu Wasser Ver- und Entsorgungsunternehmen die von der MVT/WT erzeugten (modifizierten) Adsorbentien mit „realen“ Rohwässern vor Ort getestet werden. Die beladenen Adsorbentien

können nach ihrer Beladung im Drehrohrföhen reaktiviert, charakterisiert und direkt wieder eingesetzt werden. Dieser vollständig geschlossene Kreislauf ermöglicht eine detaillierte Bewertung der Reaktivierungseigenschaften, was für die praktische Anwendung von außerordentlich großer Wichtigkeit ist.

Die gezielte Modifizierung von Aktivkohlen zum Einsatz in der Wasseraufbereitung ist eine vielversprechende Technologie, deren verbreiteter Einsatz aber noch Forschung und Entwicklung voraussetzt. Die einzigartige Kombination von Grundlagenforschung an der MVT/WT und dem engen Kontakt des IWW zu Anwendern und Herstellern gewährleistet einen schnellen Transfer von Erkenntnissen, aber auch die Berücksichtigung anwendungsbezogener Fragestellungen und trägt damit wesentlich zur Weiterentwicklung dieser Technologie bei.

Organische Mikroschadstoffe

Als organische Mikroschadstoffe werden Substanzen anthropogenen Ursprungs bezeichnet, die in sehr geringen Konzentrationen in der (aquatischen) Umwelt vorkommen. Darunter fallen z.B. Medikamentenrückstände, Flammenschutzmittel, Agrar- und Industriechemikalien, aber auch Lebensmittelzusatzstoffe wie Coffein oder der Süßstoff Acesulfam (Richardson & Ternes, 2014). Mit steigendem Umweltbewusstsein, aber auch bedingt durch die verbesserte chemische Analytik, die einen Nachweis dieser Stoffe erst ermöglicht, wird zunehmend versucht, die Konzentration dieser Substanzen im Trinkwasser, aber auch in Grund- und Oberflächengewässern zu vermindern. Dies ist gerade in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland, in dem die vorhandenen Wasserressourcen intensiv genutzt werden, von großer Bedeutung.

Herstellung von Aktivkohle

Aktivkohle kann aus allen kohlenstoffhaltigen Grundmaterialien hergestellt werden, darunter

Steinkohle, Torf, Holz oder auch Nusschalen und sonstige Abfälle der Lebensmittelindustrie. Großtechnische Relevanz hat vor allem die Herstellung aus Steinkohle, wobei in den letzten Jahren die Nutzung des nachwachsenden (und damit CO₂-neutralen) Rohstoffes Kokosnusschalen an Bedeutung gewinnt. Aktivkohlen für die Wasseraufbereitung werden meist mittels einer zweistufigen thermischen Aktivierung hergestellt, bei der die einzelnen Schritte parallel nebeneinander ablaufen können.

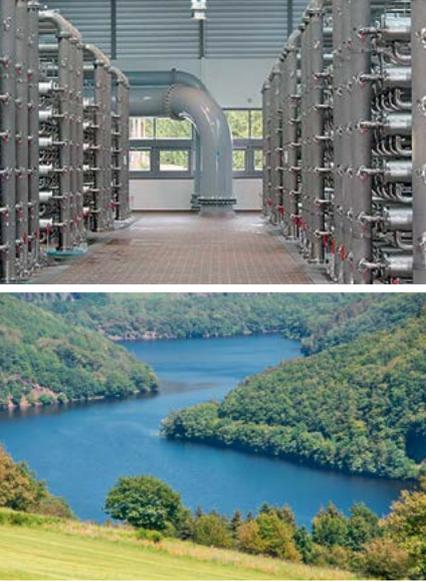
Zunächst wird das Rohmaterial unter Schutzgasatmosphäre erhitzt („karbonisiert“), wobei flüchtige Substanzen austreiben und der Kohlenstoff in eine verhältnismäßig geordnete Graphitstruktur übergeht. Im Anschluss folgt die eigentliche Aktivierung, bei welcher mit Hilfe oxidativer Gase (meist CO₂ und/oder Wasserdampf) gezielt Materialabbrand und somit die poröse Struktur erzeugt wird. Aktivkohle hat ein stark vernetztes Porensystem mit Porengrößen vom nm bis in den µm-Bereich und eine innere Oberfläche von

ca. 1.000 m² pro Gramm. (Sontheimer et al. 1985, Chowdhury et al., 2013)

Reaktivierung erschöpfter Aktivkohlen

Aktivkohle, deren Adsorptionskapazität im jeweiligen Prozess erschöpft ist, kann reaktiviert werden. Das Grundprinzip der Reaktivierung ist entweder die Entfernung der adsorbierten Substanz von der Aktivkohleoberfläche oder aber deren Verkokung auf der Oberfläche und ein „Einbau“ ins Kohlenstoffgerüst. Von großtechnischer Bedeutung ist für Aktivkohlen in der Wasseraufbereitung nur die thermische Reaktivierung von granulierter Aktivkohle. Hierbei wird das Material unter ähnlichen Bedingungen wie bei der Aktivierung thermisch behandelt. Dies führt zu einer weitgehenden Wiederherstellung der Adsorptionskapazität, jedoch auch zu einem Materialverlust von 10 – 15% (sog. Abbrand) und einer Änderung der Porenstruktur. (Salvador et al. 2014).

Literatur: Bandosz, T. (2006): Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation Elsevier, Amsterdam. Chowdhury, Z.K., Summers, R.S., Westerhoff, G.P. Leto, B.J., Nowack, K.O., Corwin, C.J. (2013): Activated Carbon: Solutions for improving water quality American Water Works Association, Denver. Hoffmann G.; Hobby R. (2013): Entfernung ausgewählter organischer Wasserinhaltsstoffe mit der Verfahrenskombination Pulveraktivkohle/Membranfiltration energie | wasser praxis 64, Nr. 7 + 8. Jia, Y.F., Thomas, K.M. (1999): Adsorption of cadmium ions on oxygen surface sites in activated carbon Langmuir 16, S. 1114 – 1122. Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW, 2015: <http://www.masterplan-wasser.nrw.de/karte/>. Landwehrkamp, L., Rohns, H.P., Hoffmann, G., Eduful, J., Hobby, R., Wagner, C., Gimbel, R. (2014): Was ist uns die Kohle wert? energie | wasser praxis 65, Nr. 1. Landwehrkamp, L., Kouchaki-Shalmani, A., Forner, C., Hobby, R., Eduful, J., Wagner, C. (in press): Development of efficient characterization parameters for activated carbon used in drinking water treatment Journal of Water Supply: Research and Technology AQUA. Richardson, S.D., Ternes, T.A. (2014) Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. Analytical Chemistry 86, S. 2813–2848. Salvador, F., Martin-Sanchez, N., Sanchez-Hernandez, R., Sanchez-Montero, M.J., Izquierdo, C. (2014): Regeneration of carbonaceous adsorbents. Part I: Thermal Regeneration Microporous and Mesoporous Materials 202, S. 259-276. Sontheimer, H., Frick, B.R., Fettig, J., Hörner, G., Huebele, C., Zimmer, G. (1985): Adsorptionsverfahren zur Wasserreinigung DVGW Forschungsstelle am Engler – Bunte Institut der Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe. Tajar, A.F., Kaghazchi, T., Soleimani, M. (2009): Adsorption of cadmium from aqueous solutions on sulfurized activated carbon prepared from nutshells Journal of Hazardous Materials 165, S. 1159 - 1164.



Fachbeitrag

Bewertung der Wirtschaftlichkeit und Entwicklung einer Versorgungsstrategie

Andreas Hein, Clemens Strehl, Barbara Zimmermann und Dr. Dieter Stetter

Die IWW-Bereiche Wasserökonomie und Wassertechnologie arbeiten bei bestimmten Fragestellungen sehr eng zusammen. Der Artikel fasst die Highlights eines Projekts zur Entwicklung einer langfristigen Versorgungsstrategie bei einem Wasserversorgungsunternehmen zusammen.

Motivation

Wirtschaftlich zu handeln bedeutet für einen Wasserversorger Entscheidungen in einem komplexen Umfeld zu treffen. Dabei steht die laufende Versorgungsstrategie inklusive der bestehenden Anlagen im Versorgungssystem ständig auf dem Prüfstand. Wirtschaftliche Variablen bestimmen, welche entsprechend langlebige Infrastruktur unter den bestehenden Rahmenbedingungen als finanziell tragfähig erscheint. Bei dem Wasserversorgungsunternehmen waren sinkende Rohwasserförderungsmengen durch eigene Brunnen und die damit gesunkene Auslastung des eigenen Wasserwerks die primären Auslöser für ein gemeinsames Projekt mit IWW. Was ist für das Unternehmen zukünftig die „richtige“ Versorgungsstrategie und welche Infrastruktur wird dazu benötigt? Welche Umgestaltungsmöglichkeiten des heutigen Versorgungssystems gibt es und welche versprechen mittel- und langfristig Kostendeckung? Werden in absehbarer Zukunft weniger Kunden oder eine konstante Kundenzahl beliefert? Oder kann die Wasserabgabe durch neue Kunden erhöht werden?

Abgesehen von der wirtschaftlichen Seite sind zentrale Fragen der Qualität und Sicherheit der Versorgung angesprochen, um langfristig weiterhin eine erstklassige Trinkwasserversorgung bei stabilen Preisen sicherstellen zu können.

Methodik

Die zukünftige Geschäftsentwicklung eines Wasserversorgers ist abhängig von der Entwicklung des Umfelds und den heute getroffenen Entscheidungen. Die zukünftige Geschäftsentwicklung sollte unter Berücksichtigung der vorhandenen Unsicherheiten anhand von versorgungstechnisch realisierbaren Szenarien simuliert werden. Dazu wurden das bestehende Versorgungssystem mit den betroffenen Anlagen, aktuelle und prognostizierte Geschäftszahlen sowie das bestehende und das zu erwartende Umfeld (Kundenstruktur, Fremdwasserlieferantenverträge etc.) des Unternehmens detailliert analysiert. Somit erfolgte im Projekt sukzessive eine technische Variantenanalyse und eine ökonomische Analyse. Letztere hatte zum Ziel die Wirtschaftlichkeit je Szenario zu untersu-

chen. Hauptaugenmerk lag auf der in jüngerer Vergangenheit stetig gesunkenen Verfügbarkeit von eigenem Rohwasser und der damit gesunkenen Auslastung des Wasserwerks. Im Rahmen der technischen Funktionsprüfung konnten neben den genannten Arbeitsschritten zusätzlich Empfehlungen für Adhoc-Maßnahmen wie z. B. zur Brunnenertüchtigung ausgesprochen werden.

Im Dialog und in Diskussionen mit der Geschäftsführung und deren leitenden sowie operativ verantwortlichen Mitarbeitern wurden mögliche Hauptvarianten zur Gestaltung der zukünftigen Wasserversorgung durchdacht. Mithilfe aller Daten und Zwischenauswertungen sowie eines sog. Varianten-Workshops wurden schließlich sechs technisch umsetzbare Szenarien erarbeitet. Ausgehend von einer einheitlichen Trinkwasserbedarfsmenge beinhalteten die Szenarien unterschiedliche Kombinationen der Rohwasserherkunft sowie dazu nötiger Infrastruktur. Im Rahmen des Workshops wurden zwei grundlegende Varianten festgelegt, welche jeweils mit unterschiedlichen Zusatzoptionen kombiniert werden konnten. Diese Zusatzoptionen ermöglichen es, bestehende Anlagen bei Bedarf besser in das Versorgungskonzept zu integrieren. In der ersten Variante wird der zukünftige

Infobox

Die zugrunde gelegte Bewertungsmethodik orientierte sich am sog. Discounted-Cash-Flow Verfahren aus dem IDW Standard 1 (IDW - Institut der Wirtschaftsprüfer in Deutschland e.V.). Vereinfacht gesprochen werden dabei die Cash Flows als zukünftige Ein- und Auszahlungen im Geschäftsbetrieb des Kunden über einen fixen Zeithorizont simuliert, diskontiert (Berücksichtigung des Geldzeitwerts) und aufsummiert (Berechnung einer vergleichbaren Entscheidungsgröße je Szenario).

Formal gilt zur Berechnung die nachfolgende Rechenlogik:

$$KW_a = \sum_{t=0}^T \frac{E_t - A_t}{(1+i)^t}$$

KW – Kapitalwert
a – Alternative
T – Letztes Jahr der Betrachtung
t – Jahr
E – Einzahlungen
A – Auszahlungen
i – Diskontierungszins

Zur konkreten Anwendung sind allerdings diverse Geschäftsdaten des Kunden zu strukturieren, plausibilisieren und in Abstimmung mit dem Rechnungswesen projektspezifisch aufzubereiten. Die Aufbereitung der bewertungsspezifischen kaufmännischen Variablen aus Geschäftsberichten und Mittelfristplanung (Umsatz, Aufwand, Darlehen, Zinsen, Tilgung, Investitionen, Abschreibungen, Rückstellungen etc.) erfordert den direkten Kontakt zum internen Rechnungswesen des Kunden und kaufmännisches Know How auf Seiten des Beratungsmandats. Notwendige Annahmen müssen plausibel getroffen und transparent kommuniziert werden. In dem vorliegenden Projekt beruhte nach Abstimmung mit dem Kunden z.B. die Cash Flow-Rechnung vereinfacht statt auf dem vollständigen Jahresabschluss jeweils auf dem Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit. Somit wurden Auszahlungen für Steuern nicht berücksichtigt. Gleichwohl konnten so zahlungswirksame Einflüsse der laufenden Geschäfts-, Investitions- und Finanzierungstätigkeit gesondert berücksichtigt werden.

Bedarf mit dem gering ausgelasteten Wasserwerk im Grundlastmodus gekoppelt mit erhöhtem Fremdwasserbezug gedeckt. Die zweite Zukunftsstrategie besteht im Rückbau des Wasserwerks und einer zunehmenden Fremdwasserversorgung. Alle untersuchten sechs Szenarien bestanden aus einer dieser beiden Hauptvarianten sowie einer Kombination aus den Zusatzoptionen.

Projektverlauf und Ergebnisse

Das Projekt wurde zwischen September 2013 und November 2014 bearbeitet und umfasste sechs Vorort-Termine, mit je nach Zielsetzung des Treffens individuellem IWW-Team. In diesem Projekt beruhte die ökonomische Bewertung auf der rein kaufmännischen Sichtweise aus dem Blickwinkel des internen und externen Rechnungswesens des Kunden. Externe Effekte oder auch eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung wurden ausgeklammert.

Die Bewertung der Szenarien erfolgte dynamisch über einen Bewertungshorizont von 20 Jahren, inklusive eines Detailplanungszeitraums (mittelfristige Finanzplanung des

Unternehmens). Für die Berechnungen wurde ein komplexes Excel-Modell erstellt. Für dieses Modell mussten die Variablen sowie konkreten Eingabewerte festgelegt werden. Dazu zählen technische Variablen (wie z.B. die Auslastung des Wasserwerks in m³/h), Kostenvariablen (z.B. Energiekosten in €/kWh), sowie sonstige wirtschaftliche Variablen (z.B. erwartete Kostensteigerungen p. a.). Im Ergebnis wurde je Szenario ein Kapitalwert (Summe aller diskontierten Cash Flows bis einschließlich 2033) ausgewiesen. Zusätzlich wurde das Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit je Szenario über den Betrachtungszeitraum simuliert und kumuliert.

Nach diesen Berechnungen erfolgte eine Sensitivitätsanalyse, um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen. Abbildung 1 fasst

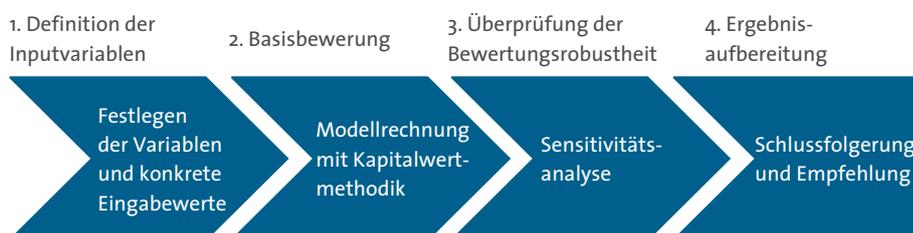


Abbildung 1: Prozess der ökonomischen Bewertung

den Bewertungsprozess zusammen. Als Ergebnisse der technischen und ökonomischen Analyse können nachfolgende Empfehlungen abgeleitet werden: Gemäß den Simulationsrechnungen ist der Erhalt des Wasserwerks im Grundlastbetrieb bei Erhöhung des Fremdwasserzukaufs wirtschaftlicher als die Rückbauvariante. Das zeigte der Vergleich der beiden Kennzahlen „Summe aller diskontierten Cash Flows“ und „Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit“. Alle Szenarien mit dem Erhalt des Wasserwerks schnitten hier deutlich besser ab. Mit der Hinzunahme der untersuchten Zusatzoptionen konnte weiteres Optimierungspotenzial rechnerisch dargelegt werden. Somit ist zu erwarten, dass bei einer Versorgungsstrategie aufbauend auf dem Erhalt des Wasserwerks langfristig geringere Wasserpreispassungen notwendig werden, als bei der Rückbauvariante.

Ausblick

Das Wasserversorgungsunternehmen wird das Wasserwerk als Grundlastwerk erhalten und andere Elemente im Versorgungssystem neu ausrichten, da dies in Kombination die technisch-wirtschaftlich beste Alternative darstellt. Die Detailumsetzung findet im engen Austausch mit IWW statt. Entscheidend für das Projekt war die langjährige Betriebserfahrung, das Fachwissen und die Detailkenntnis der eigenen Anlagen seitens des Kunden gepaart mit der IWW-Expertise aus den Bereichen Wasserressourcen-Management, Wassertechnologie und Wasserökonomie & Management. So konnten über eine fundierte technisch-ökonomische Bewertung komplexer Versorgungssysteme schrittweise tragfähige und wirtschaftliche Lösungen für die Zukunft erarbeitet werden. Für Rückfragen stehen Andreas Hein und Dr. Dieter Stetter gerne zur Verfügung.

Fachbeitrag

Globale Analyse des Vorkommens von Pharmazeutika in der Umwelt

Dr. Tim aus der Beek



Der Verbrauch von Arzneimitteln ist in den letzten Dekaden aufgrund wachsender Bevölkerungszahlen, veränderter Bevölkerungsstrukturen, besserer Versorgung und Vermarktung stark angestiegen. Gleichzeitig wurden neue Analytikverfahren entwickelt oder bestehende verfeinert, so dass Arzneimittel in Umweltproben mittlerweile bis in den $\mu\text{g/L}$ -Bereich (ein billionstel Gramm pro Liter) detektiert werden können. Ziel der Studie ist die globale Analyse des Vorkommens von Arzneimitteln in der Umwelt, basierend auf publizierten Daten. Aus insgesamt 1.016 Publikationen und Datenquellen mit Originaldaten wurden 123.761 Datensätze in eine Datenbank übertragen. 47% der Datenbankeinträge beziehen sich auf Messwerte in Oberflächengewässern, wobei Flüsse den weitaus größten Anteil ausmachen. Für Grund- und Trinkwasser standen knapp 8% der Gesamtdaten zur Verfügung. Weitere 40% der Daten wurden im Kläranlagenab- und -zulauf sowie im Klärschlamm gemessen. 5% der Datenbankeinträge beziehen sich auf Sedimente, Böden und Schwebstoffe. Insgesamt konnten Messungen mit Positivbefunden in der Umwelt für 71 Länder nachgewiesen werden.

Obwohl die Mehrheit der Messungen auf industrialisierte Länder entfällt, ist ebenfalls ein ansteigender Trend von Messwerten in Entwicklungs- und Schwellenländern zu verzeichnen. Dies ist auch der in Abbildung 1 dargestellten Weltkarte zu entnehmen. Diese zeigt, dass besonders in Asien viele verschiedene Arzneimittel im Wasser nachgewiesen werden konnten, während die Anzahl der Messwerte in Afrika deutlich geringer ist.

Generell kann vermerkt werden, dass auf allen Kontinenten die Anzahl der Positivbefunde mit der Anzahl der Messungen korreliert. Dies bedeutet für die Ergebnisse aus Abbildung 1, dass in den Ländern mit einer niedrigen Anzahl an Positivbefunden, z. B. Russland, auch immer wenige Messdaten vorliegen. In den industrialisierten Ländern, wo meist viele Messdaten erhoben werden, wie z. B. in Deutschland, liegen dementsprechend auch die meisten Positivbefunde vor.

Insgesamt wurden Umweltproben auf 713 verschiedene Wirkstoffe, inklusive 142 Transformationsprodukte, untersucht. Davon wurden 631, inklusive 127 Transformationsprodukte, in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen. 16 Wirkstoffe wurden in allen Regionen der Welt im Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser nachgewiesen. Am häufigsten, in insgesamt 50 Ländern, wurde der Wirkstoff Diclofenac in der Umwelt aufgefunden. In mindestens 45 Ländern wurden die Wirkstoffe Carbamazepin, Ibuprofen, Sulfamethoxazol und Naproxen nachgewiesen. Neben diesen Antiepileptika, Schmerzmitteln und Antibiotika wurden auch Hormone wie z. B. Ethinylestradiol – dem Wirkstoff der Verhütungspille und Lipidsenker auf allen Kontinenten detektiert.

Mit Diclofenac, dem am häufigsten in der Umwelt gemessenen pharmazeutischen Wirkstoff, wurden weitere Untersuchungen zu mittleren gemessenen Konzentrationen und deren potenziell ökotoxikologischen Auswirkungen durchgeführt. Dazu wurden länderbasierte Mittelwerte der gemessenen Diclofenac-Konzentrationen berechnet und

mit der Anzahl der Messwerte gewichtet. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abbildung 2 dargestellt. Die höchste Durchschnittskonzentration wurde mit $1,55 \mu\text{g/l}$ für Pakistan berechnet. Generell kann auf jedem Kontinent in mindestens einem Land eine Durchschnittskonzentration von mindestens $0,1 \mu\text{g/l}$ in Oberflächengewässern, Grund- und/oder Trinkwasser gefunden werden. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass in jedem Land eine unterschiedliche Datengrundlage zur Verfügung stand und die Werte nicht direkt vergleichbar sind. So kann beispielsweise der hohe Wert von $0,164 \mu\text{g/l}$ für Deutschland als belastbar angesehen werden, da er auf 4.137 Messungen beruht. Ein ähnlicher hoher Wert von $0,117 \mu\text{g/l}$ in Malaysia bezieht sich hingegen nur auf zwei Messwerte, wodurch die statistische Aussagekraft dieses Durchschnittswerts gering bleibt. Um die Umweltrisiken dieser Konzentrationen zu bewerten, werden gemessene Konzentrationen mit den sogenannten Predicted-No-Effect-Concentrations (PNECs) verglichen, die aus standardisierten Laborexperimenten mit Organismen, wie z. B. Daphnien, Fischen oder Pflanzen abgeleitet werden. Der PNEC für Diclofenac wurde von der EU auf $0,1 \mu\text{g/l}$ festgelegt. Aufgrund dieses niedrigen Wertes und dem häufigen Vorkommen in der Umwelt hat die Europäische Union Diclofenac (und zwei Östrogene) auf eine Beobachtungsliste gesetzt, um später über potenzielle Regulationen zur Verwendung des Stoffes zu entscheiden. Beim Vergleich des PNECs mit den mittleren länderbasierten Konzentrationen aus 50 Ländern (Abbildung 2) fällt auf, dass der PNEC in 34 Ländern überschritten wird. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf wahr-

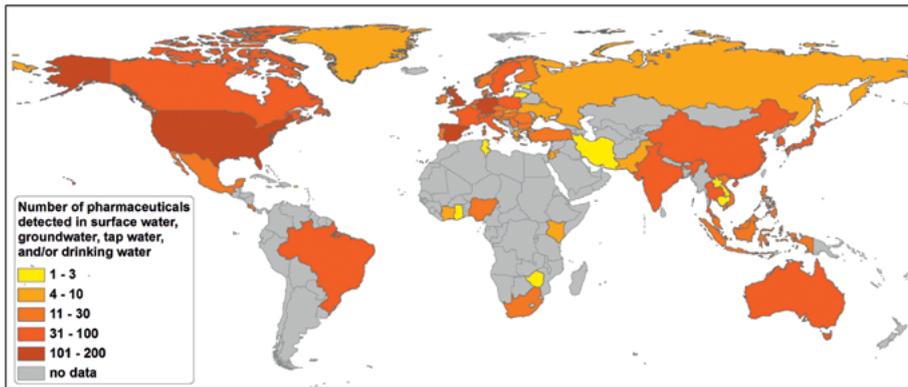


Abbildung 1: Länderbasierte Darstellung der Anzahl von gemessenen pharmazeutischen Wirkstoffen in Oberflächengewässern, Grund- und Trinkwasser.

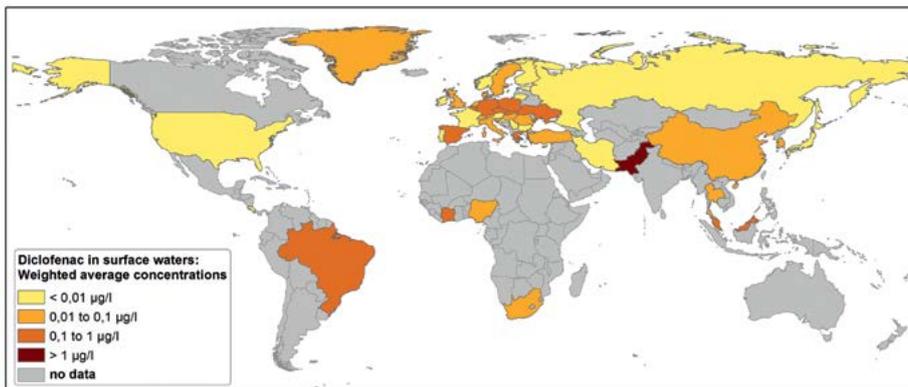


Abbildung 2: Länderbasierte Darstellung der gewichteten Diclofenac-Durchschnittskonzentrationen im Oberflächengewässer.

scheinliche ökotoxikologische Gefährdungspotenziale an den jeweiligen Messstellen und stellt politischen Handlungsbedarf dar.

Neben der globalen Verbreitung der Arzneimittel in der Umwelt sind ebenfalls die verschiedenen Eintragspfade von Interesse. Bei den in der Datenbank am häufigsten genannten Eintragsquellen handelt es sich um urbanes Abwasser. Der zweithäufigste Eintragspfad, der in der Datenbank genannt wird, sind Krankenhäuser. Der am dritthäufigsten genannte Eintragspfad ist die Tierzucht. Eine weitere Eintragsquelle, die lokal hohe Konzentrationen in der Umwelt erzeugen kann, sind pharmazeutische Produktionsstätten. In der Datenbank sind multiple Einträge zu Konzentrationen von Wirkstoffen, insbesondere Antibiotika, im mittleren bis hohen mg/L Bereich in Oberflächengewässern erfasst (Fick et al. 2009). Insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern, in denen umweltbezogene Grenzwerte nur selten vorhanden sind oder durchgesetzt werden, wird über die

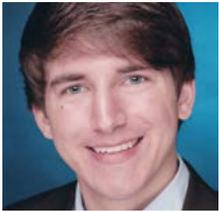
höchsten Werte berichtet. Ein weiterer lokaler Eintragspfad ist die Aquakultur, für die insbesondere aus Asien viele Datenbankeinträge vorliegen. Hierbei wird die Fischzucht in Flüssen als besonders kritisch angesehen, da die Verdünnung, im Gegensatz zu Seen und Meeren, gering ist und flussabwärts gelegene Ökosysteme beeinträchtigt werden können. Um die Belastungen der Umwelt mit Arzneimittelrückständen zu verringern, kommen zwei sich ergänzende Maßnahmenpakete in Betracht. Erstens können technologische Maßnahmen ergriffen werden, um die Eliminationsraten in den Kläranlagen zu verbessern, wobei die Verwendung von Ozon und (Pulver-)Aktivkohle die besten Ergebnisse erzielt (Joss et al. 2005), auch hinsichtlich der Kosten-Nutzen Rechnung (Günthert & Rödel 2013). Zweitens kann der Eintrag von Arzneimittelwirkstoffen bereits an der Quelle reduziert werden, wobei eine Vielzahl von potenziellen Handlungsoptionen besteht.

Referenzen: Fick, J., Söderström, H., Lindberg, R., Phan, C., Tysklind, M., Larsson, J., (2009) Contamination of surface, ground, and drinking water from pharmaceutical production. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28 (12), 2522-2527. Günthert, F.W. und S. Rödel (2013). „Bewertung vorhandener Technologien für die Elimination anthropogener Spurenstoffe auf kommunalen Kläranlagen.“ Bericht der Universität der Bundeswehr München, Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik; 176 pp. Joss A., Keller E., Alder A.C., Göbel A., McArdell C.S., Ternes T.A., Siegrist H. (2005). "Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment." *Water Research* 39 (14),3139–315.

Hintergrund zu dieser Studie

Das Umweltbundesamt hat diese Studie ausgeschrieben, um die globale Relevanz von Arzneimittelrückständen in der Umwelt darzustellen. Die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie unterstützen den aktuellen internationalen Antrag, Arzneimittelrückstände im Internationalen Chemikalienprogramm (SAICM) der Vereinten Nationen aufzunehmen (www.saicm.org). Ein vorheriger Antrag im Jahr 2011 scheiterte, da nicht eindeutig aufgezeigt werden konnte, dass Arzneimittelrückstände in der Umwelt nicht nur ein Problem in Industrieländern sind.

In SAICM könnten Akteur- und Sektorübergreifende Handlungsstrategien auch in Schwellen- und Entwicklungsländern initiiert werden, die auf die freiwillige Verminderung und das Risikomanagement von Arzneistoffen in der Umwelt ausgerichtet sind. Dabei sind Handlungsoptionen derart auszugestalten, dass die Wirksamkeit und Verfügbarkeit von Arzneistoffen nicht in Frage gestellt werden, insbesondere in Ländern, in denen der Zugang zum Gesundheitssystem noch unzureichend ist. Dazu ist eine Zusammenarbeit verschiedener Akteure auf der globalen und der regionalen Ebene notwendig, u.a. internationaler Organisationen, nationaler Regierungen, Zulassungsbehörden, Arzneimittelhersteller, Ärzte, Apotheker, Patienten, Veterinärmediziner, Landwirte, Kläranlagenbetreiber, Entwicklungsdienste, Nichtregierungsorganisationen, Krankenversicherer, Wasserversorger und Forschungsinstitute. Zu den potenziellen Handlungsoptionen gehören Informationskampagnen für die Bevölkerung, aber auch für Ärzte, Pharmaproduzenten und Regierungen. Des Weiteren wird diskutiert, ob über Verpackungsgröße, Verschreibungspflicht, offizielle Entsorgungsstellen, Entwicklung umweltfreundlicher Medikamente und viele weitere Möglichkeiten der Eintrag von Arzneimittelwirkstoffen in die Umwelt verringert werden kann.



Martin Offermann ist seit dem 01.01.2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter für den Bereich Wasserökonomie & Management tätig.



Marlen Putz ist seit dem 01.02.2015 stellv. Geschäftsfeldleiterin für den Bereich Wasserqualität – Anorganische Analytik.

Christian Stadler unterstützt seit dem 16.03.2015 die IT als Software-Entwickler insbesondere für unser neues Labormanagementsystem.



Thomas Heinrich ist seit dem 16.03.2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Wassernetze.



Sandy-Dominic Freihoff ist seit dem 01.05.2015 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Wasserqualität – Organische Analytik.



Viola Hausmann hilft uns seit dem 01.07.2015 als Biologisch-Technische Angestellte im Geschäftsfeld Mikrobiologische Analytik.

Dr. Andreas Nocker bringt seit dem 01.09.2015 seine internationale Erfahrung als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Angewandte Mikrobiologie ein.



Karen Gruber wechselte zum 01.05.2015 von der Mikrobiologischen Analytik (WQ) in die Angewandte Mikrobiologie (AM).



Jubiläen



Jost Wingender ist Leiter der Forschungsgruppe „Pathogene in Biofilmen“ am Biofilm Centre der Universität Duisburg-Essen, und seit dem 01.01.1990 in verschiedenen Funktionen mit dem IWW eng verbunden.



Holger Malmedy ist seit dem 01.04.1990 im Bereich Wasserqualität tätig. Als technischer Angestellter führt er im Geschäftsfeld OCA die Routineanalytik von organischen Spurenstoffen durch.

Claudia Kassen ist seit dem 24.09.1990 im Bereich Angewandte Mikrobiologie tätig und bearbeitet schwerpunktmäßig Projekte aus dem Bereich Biofilme und Desinfektion. Die Diplom-Biologin ist darüber hinaus für mikroskopische und molekularbiologische Techniken zuständig.



www.iww-online.de
info@iww-online.de

Impressum

Herausgeber

IWW, Moritzstr. 26,
45476 Mülheim an der Ruhr
AnInstitut der Universität Duisburg-Essen; Mitglied im DVGW-Forschungs- und Beratungsverbund
Telefon: +49 (0)208-4 03 03-0
Homepage: www.iww-online.de
E-Mail: info@iww-online.de
ISSN 0948-4779

Bildnachweise

shutterstock.com/zmkstudio, hxdyl, Yevgen Sundikov, mtkang, chungking, gameanna, Kitch Bain, Monkey Business Images, feiyuezhangjie, Peshkova, r.classen, Denis Vrublewski.

Verantwortlich

Lothar Schüller, Geschäftsleitung

Redaktion

A. Becker (Bereich Wassernetze), U. Borchers (Bereich Wasserqualität), O. Dördelmann (Bereich Wassertechnologie), R. Fohrmann (Bereich Wasserressourcen-Management), A. Hein (Bereich Wasserökonomie & Management), Lothar Schüller (Geschäftsleitung), J. Wingender (Bereich Angewandte Mikrobiologie).
Nachdruck erwünscht, Beleg erbeten.

Konzeption & Gestaltung

heavysign! Agentur für Werbung und Kommunikation, Essen.