



**COMMENTARY**

**Open Access**

# Article Series: Communications from the division “Environmental Chemistry and Ecotoxicology” of the German Chemical Society (GDCh) - Statements and reports of the working groups “Environmental Monitoring” and “Soil Chemistry and Soil Ecology”

## Beitragsserie “Informationen aus der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie” der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) - Stellungnahmen und Berichte der Arbeitskreise “Umweltmonitoring” und “Bodenchemie und Bodenökologie”

Heinz Rüdel, Dieter Hennecke, Werner Kördel and Klaus Fischer\*

### Abstract

A continuous task of the working group “Environmental Monitoring” is the development of methods and guidelines for a systematic and long-term analytical control of the chemical burden of environmental compartments and biota. A new recommendation regarding the substance-related environmental monitoring is published in “Environmental Science and Pollution Research” (Rüdel et al., 2009). The “Chemical and Biological Monitoring Series”, published in the same journal, originates from the working group or from its individual members also. Some central points of these articles are picked up and updated in this report. Current topics of major concern are the transformation of pharmaceuticals and its consequences for environmental monitoring and the monitoring of biocides and nanoparticles.

Besides other objectives the working group “Soil Chemistry and Soil Ecology” focuses on the development and standardisation of methods for the chemical, physical, and biological characterisation of soil pollution by specific contaminants as well as on the elaboration of methods for the assessment of potential harmful effects on soil, soil ecology, and on other potentially targeted environmental media. Recently the working group has summarized its main outcomes and conclusions in the position paper “Target Orientated Exposition Estimation in Soil Assessment” which is part of this report. Furthermore several other initiatives and activities of the working group are presented.

\*Correspondence: [fischerk@uni-trier.de](mailto:fischerk@uni-trier.de)

Analytische und Ökologische Chemie, FB VI - Geographie/Geowissenschaften -  
Universität Trier, Campus II, Behringstr. 21, D-54926 Trier, Germany  
Responsible authors for subsections are given in the text

## Zusammenfassung

Eine ständige Aufgabe des Arbeitskreises "Umweltmonitoring" bildet die Entwicklung von Methoden und Richtlinien für eine systematische und langfristig angelegte analytische Bestandsaufnahme der chemischen Belastung von Umweltkompartimenten und Organismen. Eine neue Empfehlung zum stoffbezogenen Umweltmonitoring wurde kürzlich in der Zeitschrift "Environmental Science and Pollution Research" veröffentlicht (Rüdel et al., 2009). Auch die im gleichen Journal erschienene Artikelreihe zum chemischen und biologischen Monitoring geht auf Beiträge des Arbeitskreises oder einzelner AK-Mitglieder zurück. Einige zentrale Anliegen dieser Veröffentlichungen werden im vorliegenden Bericht aufgegriffen und weitergeführt. Gegenwärtige Tätigkeitsschwerpunkte des AK sind die Entstehung von Transformationsprodukten von Pharmaka und die daraus folgenden Konsequenzen für das Umweltmonitoring sowie das Monitoring von Bioziden und Nanopartikeln.

Neben anderen Aufgaben widmet sich der Arbeitskreis "Bodenchemie und Bodenökologie" besonders der Entwicklung und Standardisierung von Methoden zur chemischen, physikalischen und biologischen Charakterisierung von Bodenbelastungen durch verschiedene Schadstoffe, verbunden mit der Erarbeitung von Methoden zur Bewertung möglicher Schadeffekte auf den Boden, die Bodenökologie und auf andere, eventuell betroffene Umweltmedien. Kürzlich hat der AK seine wichtigsten diesbezüglichen Forschungsergebnisse und Schlussfolgerungen in dem Positionspapier "Zielgerichtete Expositionsabschätzung in der Bodenbewertung" zusammengefasst, das Bestandteil dieses Berichts ist. Darüber hinaus werden weitere Initiativen und Aktivitäten des Arbeitskreises vorgestellt.

## Tätigkeitsschwerpunkte des Arbeitskreises Umweltmonitoring

### Aktuelle Herausforderungen beim stoffbezogenen Umweltmonitoring

Im Arbeitskreis (AK) Umweltmonitoring in der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie arbeiten WissenschaftlerInnen verschiedener Disziplinen zusammen, um Erfahrungen auszutauschen und Ergebnisse zu diskutieren sowie zu bewerten. Resultat der AK-Arbeit ist u. a. das Positionspapier zum stoffbezogenen Umweltmonitoring [1]. Eine Beitragsserie in der Zeitschrift "Environmental Science and Pollution Research" präsentiert Ergebnisse aus dem Kreis der AK-Mitglieder (Chemical and Biological Environmental Monitoring Series; Übersicht auf der Homepage der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie [2]).

Auf seinen Sitzungen beschäftigt sich der AK Umweltmonitoring regelmäßig mit aktuellen Entwicklungen im Umweltmonitoring. Ziel ist, mögliche Problemfelder im Umweltmonitoring zu identifizieren und daraus resultierenden Handlungsbedarf aufzuzeigen. Auf den letzten AK-Sitzungen wurden insbesondere die Themenfelder Transformationsprodukte von Arzneimittelwirkstoffen, Monitoring-Bedarf bei der Umsetzung der Biozidrichtlinie und Anforderungen an die Umweltanalytik von Nanopartikeln behandelt. Die Ergebnisse der Diskussionen sind in diesem Beitrag zusammengefasst.

### Transformation von Arzneimittelwirkstoffen und Konsequenzen für das Umweltmonitoring

Die Aufklärung der Transformation organischer Schadstoffe (z.B. Pharmaka) im urbanen Wasserkreislauf ist ein ungelöstes Problem. Die derzeitigen Qualitätskriterien

zur Bewertung sowohl von Gewässerbelastungen als auch von technischen Maßnahmen in der Kläranlage oder im Wasserwerk beruhen auf der Konzentration bzw. dem Verschwinden (Nicht-Nachweis) ausgewählter Indikatorstoffe. Hierbei wird jedoch außer Acht gelassen, dass die Indikatorstoffe häufig nur geringfügig transformiert werden, ohne dass sich die Toxizität wesentlich verringert.

Herr PD Dr. Thomas Ternes und Herr Dr. Arne Wick (beide Bundesanstalt für Gewässerkunde - BfG) referierten zu den aktuellen Forschungsergebnissen der BfG in Bezug auf die Identifizierung und den Nachweis von Transformationsprodukten (TPs) im urbanen Wasserkreislauf. Während für die Quantifizierung von Target-Substanzen mit verfügbaren etablierten Standards verbindliche Regeln vorliegen (z.B. Bestimmung von Wiederfindungsrate, Bestimmungsgrenze, Retentionszeit), gibt es zur Identifizierung von TPs oder anderen unbekanntem Schadstoffen bislang keine einheitlichen Vorgaben. Hierbei ist jedoch unbedingt zu fordern, dass nur dann von „Identifizierung“ gesprochen wird, wenn dies durch mindestens zwei unabhängige Verfahren (z.B. hochauflösende Massenspektrometrie und NMR) belegt ist.

Im Rahmen der Untersuchungen der BfG konnte die Bedeutung der Transformationsprodukte im Wasserkreislauf anhand von drei Beispielen dargelegt werden. Der Anti-Herpes-Wirkstoff Acyclovir wurde in der Kläranlage zu über 90% in das TP Carboxy-Acyclovir transformiert, welches vom Kläranlagenablauf (ca. 2 µg/L) über das Oberflächenwasser und Grundwasser bis zum Trinkwasser nachweisbar war [3]. Das iodierter Röntgenkontrastmittel Iomeprol wurde in der Kläranlage und

durch die Uferfiltration zu einer Vielzahl an TPs umgebaut. Auch diese TPs waren in drei untersuchten Wasserwerken nachweisbar, und zwar mit bis 0,5 µg/L je TP [4].

Herr Dr. Wick konnte eindrucksvoll am Beispiel der Opiumalkaloide Codein und Morphin belegen, dass kleine Unterschiede in der chemischen Struktur einen erheblichen Einfluss auf die Transformation in der Nitrifikation haben, und dass sowohl biotische als auch abiotische Prozesse zur Transformation der Schadstoffe beitragen können [5]. Insgesamt gelang es ihm, 33 TPs von Codein und Morphin mittels LC-LTQ-Orbitrap MS und NMR zu identifizieren. Fünf der identifizierten TPs von Codein konnten zudem in Kläranlagenabläufen mit Konzentrationen von bis zu 90 ng/L nachgewiesen werden. Die Transformation von Schadstoffen in der Nitrifikation führt in der Regel nicht zur vollständigen „Eliminierung“ im Sinne einer Mineralisierung, sondern zur Bildung von TPs.

Die Untersuchungen belegen somit, dass ein Monitoring weniger Indikatorstoffe nicht ausreicht, die Relevanz des Themas Arzneimittel und ihrer Transformationsprodukte in Gewässern zu bewerten. Zukünftig sollten Transformationsprodukte in der Arzneimittel-Risikobewertung stärker berücksichtigt und das Monitoring auf solche Abbauprodukte, die als kritisch identifiziert werden, ausgedehnt werden.

#### **Umweltmonitoring von Bioziden**

Im Rahmen einer Sitzung des AK Umweltmonitoring wurde das Thema Biozide und Biozidmonitoring behandelt. Im ersten Teil stellten Mitarbeiterinnen des Fachgebietes IV 1.2 „Biozide“ des Umweltbundesamtes (UBA) den Stand der Biozidzulassung vor. In Deutschland regelt seit 2002 das Biozidgesetz als Umsetzung der EU-Richtlinie 98/8/EG das Inverkehrbringen von Biozidprodukten (u.a. Desinfektionsmittel, Schutzmittel, Schädlingsbekämpfungsmittel). Zugelassene Biozidwirkstoffe sind im Anhang I der EU-Richtlinie in Form einer Positivliste aufgeführt. Über die Zulassung konkreter Biozidprodukte wird dann in dem EU-Mitgliedstaat entschieden, in dem die Anmeldung dafür erfolgt. Durch einen Antrag auf gegenseitige Anerkennung, können Biozidprodukte dann auch in anderen EU-Mitgliedstaaten zugelassen werden. Im zweiten Teil der AK-Sitzung wurden Ansätze des Biozidmonitorings vorgestellt. Dabei wird angenommen, dass direkte Einträge in Gewässer beispielsweise durch Antifoulingmittel wie Cybutryn (Handelsname Irgarol), Chlorthalonil und Diuron sowie Kühlwassereinleitungen, Regenwasserüberläufe und Auswaschungen von Gebäudefassaden (Algen- und Pilzbefallmittel) erfolgen. Indirekte Einträge finden über Kläranlagen in Gewässer (z.B. Desinfektionsmittel, Schutzmittel für Holz und Mauerwerk) und über atmosphärischen Eintrag und Düngemittel (z.B. Gülle) in

Böden statt [6]. Nach Konzeption des UBA soll das Vorgehen beim Biozidmonitoring gestuft erfolgen. Zunächst sollten Stoffe berücksichtigt werden, für die Analysenverfahren verfügbar sind und die relevante Emissionsraten bzw. Emissionspfade aufweisen oder besorgniserregende Eigenschaften haben. Mitglieder des AK präsentierten dann aktuelle Ergebnisse zum Umweltmonitoring von Biozidwirkstoffen. Im Rahmen des Umweltprobenbank-Programms durchgeführte retrospektive Untersuchungen ergaben, dass das Desinfektionsmittel Triclosan und vor allem dessen Transformationsprodukt Methyltriclosan in Fischen und Sedimenten nachweisbar sind. Messdaten der Bundesanstalt für Gewässerkunde zeigen, dass in Oberflächengewässern häufig die Biozidwirkstoffe Terbutryn (Fassadenschutzmittel) und Cybutryn (Irgarol), ein Antifouling-Wirkstoff, nachgewiesen werden. Für Cybutryn wird dabei teilweise auch die vorgeschlagene Umweltqualitätsnorm überschritten. In Sedimenten und Schwebstoffen der Elbe und Saale wurde neben hohen Konzentrationen an Triclosan und Triclocarban auch Climbazol (als Fungizid in einigen Anti-Schuppen-Haarshampoos enthalten) detektiert. Nach Funden von Baubioziden in Oberflächengewässern führt das Bayerische Landesamt für Umwelt ein Projekt zum Monitoring relevanter Biozid-Wirkstoffe in der Nähe von Neubaugebieten durch. Untersuchungen auf Rodentizide im Rahmen des Wanderfalkeneier-Monitoring in Baden-Württemberg ergaben dagegen, dass die Konzentrationen aller untersuchten Wirkstoffe unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Der AK Umweltmonitoring unterstützt die Schlussfolgerungen des Umweltbundesamtes, dass beim Biozidmonitoring in zweifacher Hinsicht dringender Handlungsbedarf besteht. Zunächst sollte die Messdaten-Grundlage durch intensives Monitoring relevanter Wirkstoffe deutlich verbessert werden, um realistische Expositionsabschätzungen zu ermöglichen. Weiterhin sollten EU-einheitliche Qualitätsnormen für Biozide in Oberflächengewässern entwickelt werden. Dabei sollte der präventive Ansatz der Wasserrahmenrichtlinie angewendet werden, um bei der Berücksichtigung der Schutzgüter „Menschliche Gesundheit“ und „Umwelt“ möglichst strenge Maßstäbe zu realisieren.

#### **Stand des Umweltmonitorings von Nanopartikeln**

Ein widersprüchlich diskutiertes Thema ist die zunehmende Nutzung von synthetischen Nanopartikeln (NP), die auch in verbrauchernahen Produkten eingesetzt werden (z.B. Silber-NP mit biozider Wirkung in Textilien). Damit ist beispielsweise über Kläranlagen mit Umwelteinträgen zu rechnen. Auf Einladung des AK Umweltmonitoring referierte Dr. Frank von der Kammer, Leiter der Gruppe Nanogeowissenschaften an der

Universität Wien, zur analytischen Erfassung von NP in Umweltmedien. Die Herausforderung besteht darin, synthetische NP neben natürlichen Partikeln nachzuweisen. Zudem bestehen synthetische NP aus Elementen, die auch natürlich vorkommen (z.B. Titandioxid) oder aber auch in anderer Form angewandt werden (z.B. Silber aus Fotolaborabwässern). Kompliziert wird der Nachweis auch dadurch, dass sich je nach Bedingungen Agglomerate der NP bilden können, z.B. auch gemischt mit Biopolymeren oder natürlichen Partikeln. Die Analytik von NP in komplexen Matrices ist bislang nur in Ansätzen erfolgreich. Einer US-Arbeitsgruppe gelang elektronenmikroskopisch der Nachweis von synthetischen Titandioxid-NP in Klärschlamm [7]. In situ-Verfahren zur Untersuchung von NP stehen bislang nicht zur Verfügung, so dass vor der Messung Probenvorbereitungen erforderlich sind, welche die ursprünglichen Verhältnisse mehr oder weniger stark verändern. Parameter für die NP-Charakterisierung sind Anzahl bzw. Konzentration der Partikel, chemische Zusammensetzung (evtl. Oberflächenmodifikationen), Größe und Größenverteilung, Agglomerationsgrad, Partikelform, Oberfläche und Oberflächenladung. Dabei zeichnet sich ab, dass eine einzelne Methode für eine umfassende Charakterisierung nicht ausreicht. Als aussichtsreiche Methode beschrieb Herr von der Kammer die Asymmetrische Fluss-Feldflussfraktionierung [8], da an das Trennsystem verschiedene Detektoren gekoppelt werden können, die eine vielseitige Charakterisierung der entsprechend ihrer Größe aufgetrennten NP erlauben (z.B. Lichtstreuungsdetektoren, Massenspektrometer). Einzelne Beispiele zeigen damit, dass ein Umweltmonitoring von NP prinzipiell möglich ist. Bis zum routinemäßigen Einsatz sind allerdings weitere methodische Entwicklungen erforderlich. Das Umweltmonitoring hinkt damit dem stark angestiegenen Einsatz von NP in Produkten deutlich hinterher.

#### Fazit

Das Umweltmonitoring muss auf Grund seiner Vielfalt und Komplexität ständig an neue Entwicklungen angepasst werden. Die Überwachung, Kontrolle und Beobachtung stofflicher Veränderungen in verschiedenen Umweltkompartimenten ist durch natürliche und anthropogene Einflüsse in lokalem, regionalem und globalem Maßstab von hoher Bedeutung. Dieser Entwicklungsprozess kann ohne die Bereitstellung finanzieller Mittel nicht analytisch und personell begleitet werden. Während das Monitoring bislang im Wesentlichen von staatlichen Stellen durchgeführt wurde, sind in Zukunft durch die Umsetzung der REACH-Verordnung auch Hersteller und Inverkehrbringer in der Verantwortung. Generell sollte es zukünftig einen stärkeren Austausch zwischen der Risikobewertung von Chemikalien und den im

Monitoring tätigen Institutionen geben. Zum Einen könnten so kritische Stoffe (z.B. persistente, bioakkumulierende und toxische Verbindungen oder Stoffe mit anderen besorgniserregenden Eigenschaften) frühzeitig im Umweltmonitoring berücksichtigt werden. Zum anderen bieten die Ergebnisse des Monitorings auch die Möglichkeit, die Schlussfolgerungen der Risikobewertungen zu überprüfen und so eventuelle Fehleinschätzungen zu korrigieren.

#### Verantwortlich für diesen Bericht

Arbeitskreis Umweltmonitoring in der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie (mit Beiträgen von Evelyn Claus, Martin Keller, Mathias Ricking, Heinz Rüdel, Jan Schwarzbauer, Thomas Ternes, Hans-Albert Wagener).  
Kontakt: Dr. Heinz Rüdel (Leitung AK Umweltmonitoring)  
c/o Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (Fraunhofer IME), Auf dem Aberg 1, 57392 Schmallenberg

#### Positionspapier des Arbeitskreises „Bodenchemie und Bodenökologie“: Zielgerichtete Expositionsabschätzung in der Bodenbewertung Hintergrund

Betrachtet man die in dem Bundes-Bodenschutzgesetz aufgeführten Bodenfunktionen wie die Filter, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktion, die Lebensraumfunktion für Bodenorganismen und den Boden als Standort für die Pflanzenproduktion, so wird deutlich, dass Sorptions- und Verlagerungsprozesse, die Exposition von Bodenorganismen und die Pflanzenaufnahme von Bodenkontaminanten nicht nur von den intrinsischen Stoffeigenschaften der Kontaminanten bestimmt werden, sondern ebenso durch die Bodeneigenschaften. Bei der Bestimmung wesentlicher bewertungsrelevanter Größen wie Abbaugeschwindigkeit, Adsorption/Desorption, Akkumulation oder Effekte auf Bodenorganismen erhält man für den gleichen Kontaminaten verschiedene Werte, wenn unterschiedliche Böden eingesetzt werden.

Unerwünschte Effekte durch Schadstoffe sowie eine Grundwasserkontamination korrelieren nicht zwangsläufig mit den analytisch bestimmten Gesamtgehalten in Böden. Diese Aussage gilt gleichermaßen für anorganische und organische Schadstoffe. Die konservative Annahme, dass der Gesamtgehalt eines Schadstoffs identisch mit der für die genannten Prozesse verfügbaren Menge sei, kann daher nur für eine erste Abschätzung herangezogen werden. Eine valide Risikobewertung aber braucht integrierte Test- und Bewertungsstrategien, die auf der realen Exposition, also auf den tatsächlich verfügbaren bzw. bioverfügbaren Schadstoffanteilen beruht.

Gemäß Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) soll, bei Überschreitung von Prüfwerten auf einer Altlast die betroffene Fläche einer Detailuntersuchung unterzogen werden. Dabei sollen gemäß Anhang 1, Nr.1, 2 BBodSchV die für die verschiedenen Wirkungspfade bedeutsamen mobilen oder mobilisierbaren Anteile der

vorliegenden Schadstoffe erfasst werden. Dieser Absatz wird in dem Entwurf zur Überarbeitung der BBodSchV durch die Aufnahme der resorbierbaren Schadstoffanteile ergänzt. Demnach sind im Rahmen der Detailuntersuchung insbesondere zu berücksichtigen:

- Art und Konzentration der Schadstoffe
- die Möglichkeit ihrer Ausbreitung in die Umwelt (Verfügbarkeit für Transportprozesse)
- die Möglichkeit ihrer Aufnahme durch Mensch, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (Verfügbarkeit / Bioverfügbarkeit)

Ein definiertes, validiertes Methodenspektrum wird jedoch auch in der überarbeiteten Verordnung nicht genannt.

#### **Methodische Ansätze**

Zur Bestimmung von Gesamtgehalten liegt ein breites Spektrum an genormten Verfahren vor. Für die Bestimmung von Metallgehalten hat sich in der Bodenanalytik die Königswasserextraktion durchgesetzt. Die Methode erfasst durch weitgehende Auflösung der Bodenmatrix die im Ausgangsgestein festgelegte Menge und die Menge, die über Sorption an Bodenbestandteile gebunden ist.

Die Methoden zur Bestimmung der Gesamtgehalte organischer Schadstoffe beruhen auf der „erschöpfenden Extraktion“. Die Bedingungen der erschöpfenden Extraktion richten sich im Wesentlichen nach der Stabilität des Analyten/der Analytengruppe und sind somit mehr oder weniger Matrixzerstörend. Dies erklärt, dass für die Analyse substanz- bzw. substanzgruppenspezifische Verfahren erarbeitet werden. Erfasst werden der an die Bodenmatrix adsorptiv gebundene Anteil sowie ein Teil des in der Bodenmatrix festgelegten Anteils des Schadstoffs. Daneben bleibt oft ein mehr oder weniger großer Anteil in der Matrix zurück, der nicht extrahiert werden kann. Dieser als „Nicht Extrahierbarer Rückstand“ (NER) bezeichnete Anteil ist in Altlasten normalerweise nicht erfassbar, kann aber im Laborversuch mit Hilfe von Tracertechnik nachgewiesen werden.

Als potentiell verfügbare Schadstoffanteile bezeichnet man die Menge eines Schadstoffes, der prinzipiell innerhalb eines bewertungsrelevanten Zeitraumes freigesetzt werden kann. Es ist somit der Schadstoffanteil, der mit dem Porenwasser im Gleichgewicht steht.

Methoden zur Erfassung des potentiell verfügbaren Schadstoffanteils sind Extraktionen ohne signifikante Zerstörung der Bodenmatrix. Für Metalle wird derzeit in ISO TC 190 SC7 WG6 das Verfahren der Bodenextraktion mit 0,43 M HNO<sub>3</sub> genormt. Für organische Kontaminanten bietet sich die sogenannte 3-Phasen-Extraktion mit Tenax oder HPCD an. Dabei erfolgt die Extraktion des Bodens mit Wasser. Die Bodenlösung wird dabei gleichzeitig durch eine 3. Phase extrahiert, die

eine höhere Affinität zum Analyten hat, als die Bodenmatrix selbst. Neben den genannten Tenax und HPCD bietet auch die SPME (solid phase micro extraction) die Möglichkeit, potentiell verfügbare Schadstoffanteile in wässrigen Lösungen zu erfassen. Die 3. Phase befindet sich hier in der Regel auf einem Träger. Die Technik wurde z.B. eingesetzt, um verfügbare Schadstoffanteile bei Biokonzentrationsstudien abzuschätzen und auf diesem Weg eine belastbarere BCF-Faktoren zu ermitteln [9].

Als Ageing bezeichnet man den Prozess, dass ein Schadstoff, der direkt nach Applikation einer Testlösung auf Boden zunächst an die Bodenmatrix reversibel gebunden (potentiell verfügbar) vorliegt, nach einer bestimmten Zeit so fest an/in der Bodenmatrix gebunden wird, dass er nicht mehr mit dem Porenwasser im Gleichgewicht steht, aber noch mit einem geeigneten Lösungsmittel extrahierbar ist.

Als aktuell verfügbarer Schadstoffanteil wird allgemein der Schadstoffanteil im Porenwasser angesehen. Wesentlich ist, dass die Extraktion ohne signifikante Veränderung der aktuellen Milieubedingungen des Bodens erfolgt. Als geeignete Verfahren stehen insbesondere Schüttelverfahren mit Wasser oder Neutralsalzlösung oder Säulenelutionsverfahren zur Verfügung.

Das Porenwasser selbst stellt eine komplexe Lösung dar, das neben Salzen vor allem auch komplexierende Stoffe wie gelöste Humin- und Fulvosäuren und feine suspendierte Tonpartikel als Sorbentien für anorganische und organische Schadstoffe enthält. Mit Hilfe der DGT – Technologie (Diffusive gradients in thin films) ist es prinzipiell möglich zwischen freien Ionen und größeren Komplexen (z.B. mit Huminsäuren) oder auch suspendierten Partikeln zu unterscheiden. Durch eine dünne Gelschicht, die auf einem Ionentauscher-Material aufgebracht ist, wird hierbei eine Diffusionsbarriere erzeugt, die es nur den frei in der Wasserphase verfügbaren Ionen ermöglicht, bis zur Ionentauscherschicht vorzudringen. Die Konzentration an der Ionentauscher-Schicht kann nach Elution analytisch bestimmt werden und mit Hilfe des Diffusionsgradienten rechnerisch auf die Konzentration in der Lösung rückgeschlossen werden [10].

#### **Aktuelle Arbeitsschwerpunkte**

Im Auftrag des BMU/UBA wurde von der Prof. Dr. Machholz Umweltprojekte GmbH in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME) eine Studie zum Thema „Evaluierung vorhandener Bewertungsansätze und Entwicklung eines Konzeptes zur integrierten Wirkungsbewertung prioritärer Schadstoffe über alle Pfade auf der Grundlage der Bioverfügbarkeit“ durchgeführt [11]. Betrachtet werden die Transferpfade Boden-Grundwasser,

Boden-Nutzpflanze, Boden-Mikroorganismen (hinsichtlich Abbau organischer Schadstoffe) sowie Boden-Mensch.

Ziel der Literaturstudie war es abzuklären, welche Extraktionsverfahren prinzipiell geeignet, sind die Exposition zu beschreiben. Diese Betrachtung wird untergliedert nach Stoffeigenschaften und Schutzziele. Bei Bodenorganismen erfolgt eine weitere Untergliederung in verschiedene Organismengruppen entsprechend ihres Lebensraumes.

Die Studie wird in Kürze als UBA-Bericht elektronisch zur Verfügung stehen.

Im Zusammenhang mit der Literaturstudie wurde ein Workshop für Praxisvertreter im Oktober 2010 bei der Landesvertretung Sachsen-Anhalt in Berlin zum Thema „Berücksichtigung der Bioverfügbarkeit bei der Untersuchung und Bewertung von Böden und Altlasten“ durchgeführt. Ein Kurzbericht des Workshops sowie die Folien der Vortragenden werden ebenfalls vom UBA elektronisch veröffentlicht.

Den aktuellen Stand der Entwicklung von Verfahren zur Erfassung mobiler, mobilisierbarer, resorbierbarer und für Pflanzen und Bodenorganismen verfügbarer Schadstoffanteile wurde in einem im Auftrag des UBA/FBU (Fachbeirat Bodenuntersuchungen) erstelltem Gutachten zusammengestellt. Hierbei werden die Methoden kritisch hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit, Robustheit und Normungsstand bewertet und Vorschläge zur weiteren Bearbeitung unterbreitet. Dieses Gutachten wird in Kürze durch den FBU veröffentlicht [12].

Im BMBF-Verbund BioRefine ([www.geo.fu-berlin.de](http://www.geo.fu-berlin.de)) wurden Test- und Bewertungsstrategien für das Flächenrecycling von Altlastenflächen und der Wiedernutzung von Gewerbe- und Industriebrachen entwickelt und erprobt [13]. Ziel ist eine bessere Beurteilung der Verfügbarkeit / Bioverfügbarkeit der Schadstoffe in den belasteten Flächen und eine integrierte Risikoabschätzung unter besonderer Berücksichtigung der geplanten Nutzung in Kombination mit einer intelligenten Expositions- und Wirkungstestung. Wesentliche Arbeiten sind z. B. in der Zeitschrift Altlasten-Spektrum veröffentlicht [14].

Innerhalb der IUPAC Division of Chemistry and the Environment (DCE) wurde unter Federführung von Fetodov ein Übersichtsartikel zum Thema „Extraction and fractionation methods for exposure assessment of trace metals, metalloids and hazardous organic contaminants in terrestrial environment“ erarbeitet [15]. Er fasst den aktuellen Stand hinsichtlich statischer und dynamischer Extraktionsverfahren bewertend zusammen. Ein Schwerpunkt dabei sind die Erstellung von Korrelationen zwischen Chemischen Extraktions-/Fraktionierungsverfahren und der Aufnahme/Wirkung in

Bodenorganismen und Pflanzen, sowie der Abbau organischer Kontaminanten.

#### **Aufgaben und Möglichkeiten des Arbeitskreises Bodenchemie und Bodenökologie**

Die aufgeführten Berichte und Veröffentlichungen verdeutlichen, dass derzeit vielfältige Forschungsaktivitäten in den Themenfeldern der Expositionsabschätzung und der Erfassung verfügbarer/bioverfügbarer Schadstoffanteile in Böden laufen, verbunden mit Methodenvalidierungen und Vorschlägen für Test- und Bewertungsstrategien.

Aufgabe des Arbeitskreises als Bindeglied zwischen der universitären Forschung, angewandter Forschung und regulatorischem Bedarf könnte es sein, diese Aktivitäten kritisch und zugleich motivierend und steuernd zu begleiten.

So werden Chancen vergeben, wenn jede Arbeitsgruppe nur mit dem von ihr erarbeiteten Datensatz arbeitet. Methoden, wie z.B. die SFE (Superkritische Extraktion mit CO<sub>2</sub>) werden optimiert mit dem Ziel die Korrelation zwischen Analytkonzentration im Extrakt und einer beobachteten Wirkung zu erarbeiten. Andere Gruppen nutzen leicht modifizierte Extraktionsbedingungen und einen anderen biologischen Endpunkt, so dass letztlich die Ergebnisse beider Arbeitsgruppen nicht gemeinsam ausgewertet werden können. Eine Aufgabe des Arbeitskreises könnte der Vorschlag einer - zunächst vorläufigen - Referenzstandardmethode sein, um bei zukünftigen Untersuchungen übergreifende Aussagen zu ermöglichen. Dies gilt analog für andere methodische Ansätze.

Analoges gilt für die Bewertung von Verfahren hinsichtlich ihres Stellenwertes in der Bodenbewertung, wie z.B. ihrer Durchführbarkeit, Aussagekraft, Robustheit, Einsetzbarkeit für verschiedene Stoffgruppen und Validierung.

Auf diese Weise könnte das breite Fachwissen der Mitglieder der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie genutzt werden, um wichtige Impulse in die angewandte Forschung und Regulation zu geben und von wissenschaftlicher und behördlicher Seite benötigte Fachberichte/Gutachten zu erstellen.

#### **Verantwortlich für diesen Bericht**

Dieter Hennecke, Werner Kördel  
Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Auf dem Aberg 1, 57392 Schmallenberg

Received: 05 September 2011 Accepted: 10 November 2011

Published: 10 November 2011

#### **Literatur**

1. Rüdel H, Schröder W, von der Trenck KT, Wiesmüller GA: **Substance-related environmental monitoring Work group "Environmental Monitoring" – Position paper.** *Environ Sci Pollut Res* 2009, **16**:486-498.

2. Homepage der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie [<http://www.oekochemie.tu-bs.de/ak-umweltchemie/akberichte.php?navi=D26>]
3. Prasse C, Wagner M, Schulz R, Ternes TA: **Biotransformation of the antiviral drugs acyclovir and penciclovir in activated sludge treatment.** *Environ Sci Technol* 2011, **45**:2761-2769.
4. Kormos JL, Schulz M, Kohler H-PE, Ternes TA: **Biotransformation of selected iodinated X-ray contrast media and characterization of microbial transformation pathways.** *Environ Sci Technol* 2010, **44**:4998-5007.
5. Wick A, Wagner M, Ternes TA: **Elucidation of the transformation pathway of the opium alkaloid codeine in biological wastewater treatment.** *Environ Sci Technol* 2011, **45**:3374-3385.
6. Kahle M, Nöh I: *Biozide in Gewässern. Eintragspfade und Informationen zur Belastungssituation und deren Auswirkungen.* UBA-Texte 09/09, Dessau-Roßlau 2009 [<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3811.pdf>]
7. Kiser MA, Westerhoff P, Benn T, Wang Y, Pérez-Rivera J, Hristovski K: **Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants.** *Environ Sci Technol* 2009, **43**:6757-6763.
8. Dubascoux S, von der Kammer F, Le Hécho I, Potin-Gautier M, Lespes G: **Optimisation of asymmetrical flow field flow fractionation for environmental nanoparticles separation.** *J Chromatogr A* 2008, **1206**:160-165.
9. Böhm L, Schlechtriem C, Düring R-A: *Einfluss von Extraktion und Matrix auf die Bestimmung der Biokonzentration – Vergleich von Flüssig-Flüssig-Extraktion und Festphasenmikroextraktion (SPME) bei Anwesenheit von organischer Substanz in Biokonzentrationstests gemäß OECD 305.* UBA-Forschungsbericht, FKZ 3710 63 4022, Dessau-Roßlau 2011.
10. Davison W, Zhang H: **In-situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels.** *Nature* 1994, **367**:546-548.
11. Machholz R, Kaiser DB, Kördel W, Hund-Rinke K, Derz K, Bernhardt C: *Evaluierung vorhandener Bewertungsansätze und Entwicklung eines Konzeptes zur integrierten Wirkungsbewertung prioritärer Schadstoffe über alle Pfade auf der Grundlage der Bioverfügbarkeit.* UBA-Forschungsbericht, FKZ 3708 72 200, Dessau-Roßlau 2011.
12. **UBA-Homepage, Referat Boden und Altlasten** [<http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/fbu/index.htm>].
13. **BMBF-Verbund BioRefine** [<http://www.geo.fu-berlin.de/geog/fachrichtungen/physgeog/umwelt/forschung/biorefine/index.html>]
14. Schütze B et al., *Altlasten-Spektrum* 2010, **19**:49-102.
15. Fedotov PS, Kördel W, Miro M, Peijnenburg WJGM, Wennrich R, Huang P-M: **Extraction and fractionation methods for exposure assessment of trace metals, metalloids and hazardous organic compounds in terrestrial environments.** *Crit Rev Environ Sci Technol* 2011, doi: 10.1080/10643389.2011.556544

doi:10.1186/2190-4715-23-35

**Cite this article as:** Rüdel H, et al.: Article Series: Communications from the division "Environmental Chemistry and Ecotoxicology" of the German Chemical Society (GDCh). Statements and reports of the working groups "Environmental Monitoring" and "Soil Chemistry and Soil Ecology". *Environmental Sciences Europe* 2011, **23**:35.