

# Wasserressourc in Flussgeb

Hydrologen, Biologen, Chemiker und Modellierer des UFZ entwickeln innovative analytische Methoden, um den ökologischen Zustand von Fließgewässern besser charakterisieren zu können. Sie studieren Schlüsselprozesse und Reaktionsmuster, die durch chemische Substanzen oder andere so genannte Stressoren ausgelöst werden. Sie analysieren zusammen mit Ökonomen und Juristen die Landnutzungsdynamik als wichtigste Steuergröße des Wasser- und Stoffhaushaltes von Flussgebieten und unterstützen Wirtschaft und Politik dabei, die Wasserrahmenrichtlinie der EU umzusetzen.

Sprecher des Forschungsthemas „Integriertes Management von Wasserressourcen in Flussgebieten“:  
Dr. Michael Rode, Leiter des Departments Hydrologische Modellierung

# en rieten managen



Flüsse – Lebensadern der Landschaft

S. 62

⇒ Alles klar?

S. 66

⇒ Chemikalien – Was halten unsere Flüsse aus?

S. 68



Michael Rode und Doris Böhme

# Flüsse – Lebensadern

Auf einen Teil der Lunge oder des Magens kann der Mensch verzichten, wenn es sein muss. Auf eine Niere auch. Schafft es die Leber nicht mehr, Schadstoffe abzubauen, steht es schlecht um den Patienten. Eine verstopfte Arterie kann verheerende Folgen haben. Es gibt Grenzen, an deren Ende der Kreislauf versagt – beim Menschen genauso wie in der Umwelt. Flüsse, die gern als Lebensadern oder ökologisches Rückgrat bezeichnet werden, hauchen der Landschaft Leben ein – sie können es ihr auch wieder nehmen. Flüsse und ihre Einzugsgebiete bieten Lebensraum für einen großen Teil der weltweiten Tier- und Pflanzenvielfalt. Sie sind Trinkwasserressource, Energiequelle, Transportweg, Lebensmittelpender. Sie sind Orte der Erholung, Jagd und Fischerei. Sie sind auch Abwasserkanäle und Entsorgungswege. Nähr- und Schadstoffbelastungen, Wasserentnahme, Staustufen, Kanalisierungen und Begradigungen setzen die Lebensadern unter Druck. Flächenverbrauch und Schadstoffe stören die Funktionsfähigkeit angrenzender Flussauen. Die Folgen: zunehmende Hochwassergefahren, Verlust an biologischer Vielfalt, höhere Kosten für die Trinkwassergewinnung. An der Elbe gingen beispielsweise zirka 80 Prozent der natürlichen Überschwemmungsgebiete durch Eindeichung verloren; global gelten etwa 20 Prozent aller Süßwasserfischarten als gefährdet oder bereits ausgestorben.

Mulde bei Jeßnitz. Intakte Auen sind nicht nur ästhetisch schön. Sie sind wichtig für den Hochwasserschutz, die biologische Vielfalt sowie Erholung.

der

# Landschaft

Die Europäische Union hat mit der Verabschiedung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahr 2000 ein klares Zeichen gesetzt: Die Wasserpolitik muss stärker auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung ausgerichtet werden. Dazu hat sie Qualitätsziele aufgestellt und Methoden vorgeschlagen, wie diese zu erreichen und gute Wasserqualitäten zu erhalten sind. Nimmt man die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH) hinzu (Siehe Seite 59), hat Deutschland noch viele Hausaufgaben bei der zukünftigen Bewirtschaftung von Oberflächengewässern und deren Einzugsgebieten zu erledigen. So schreibt die WRRL vor, dass nicht nur die chemische, sondern auch die biologische Beschaffenheit

sowie Struktur und Form der Gewässer zu betrachten sind und bis zum Jahr 2010 die Wasserversorgung kostendeckend gestaltet werden muss. Abwasser darf nicht mehr nach dem „Stand der Technik“ gereinigt werden, sondern mit den „besten verfügbaren Technologien“. Die FFH-Richtlinie hat zum Ziel, wildlebende Arten, deren Lebensräume und die europaweite Vernetzung dieser Lebensräume zu sichern und zu schützen.

## Nutzen und schützen – Ein Balanceakt

Flüsse und Flussgebiete so zu managen, dass wirtschaftliches Wachstum möglich ist und gleichzeitig aquatische Lebensgemeinschaften geschützt, Nähr-

und Schadstoffeinträge reduziert werden und weniger Wasser verbraucht wird – das ist eine Aufgabe, die nur in langfristiger Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachdisziplinen gelöst werden kann. Wie funktioniert der komplexe hydrologische Wasserkreislauf? Wie werden Stoffe transportiert? Welche Schadstoffe werden abgebaut, welche nicht? Welche Wirkung haben sie auf die Lebensgemeinschaften im und am Wasser? Wie beeinflussen Umweltstressoren die Gewässer? Wie wirken sich Landnutzungsänderungen auf die Wasserverfügbarkeit und -qualität aus? Vielfach fehlt das Wissen, um die Zusammenhänge und Wechselwirkungen richtig zu verstehen. Die Komplexität und Fülle der Funktionen von  $\Sigma$

## Elbeflut August 2002.



Flüssen und ihren Auen setzt also voraus, dass neben den traditionellen Gewässerforschern des UFZ auch Bodenforscher, Ökotoxikologen, Ökonomen, Soziologen und Rechtswissenschaftler in die Forschung eingebunden werden.

### Erkenntnisse und viele neue Fragen

Ein Beispiel: UFZ-Wissenschaftler haben erst kürzlich nachgewiesen, dass bestimmte Pharmaka eine bisher nicht bekannte und vergleichsweise starke ökotoxikologische Wirkung auf aquatische Organismen haben. Eine Erkenntnis, die zahlreiche neue Fragen aufwirft: Heißt das, es wurden Grenzwerte überschritten? Gibt es überhaupt Grenzwerte für solche Substanzen? Oder haben bereits Mengen im Spurenbereich eine toxische Wirkung? Reichern sie sich an oder werden sie möglicherweise durch Sauerstoff und UV-Licht abgebaut? Treten Wechselwirkungen mit anderen Schadstoffen auf? Wie gelangen die Arzneimittel überhaupt in den Fluss? Wird das Abwasser nicht in Kläran-

lagen gereinigt? Ach so, diese Stoffe sind gut wasserlöslich und verlassen deshalb die Kläranlage unverändert? Und wenn die Funktionen des Ökosystems bereits gestört sind, ist die Wirkung dann umso verheerender?

### WISSENSWERTES

Chemische Belastungen in Gewässern analysieren und bewerten – das ist das Ziel des 2005 gestarteten europaweiten Großprojektes **MODELKEY**. Unter Leitung des UFZ entwickeln Wissenschaftler in 13 Ländern bis zum Jahr 2010 Methoden, mit denen so genannte Schlüsselchemikalien identifiziert und deren Einfluss auf Gewässersysteme bestimmt werden können. Warum? Um auf der Basis gemeinsamer Standards für den Gewässer- und Grundwasserschutz Verschmutzungen einzudämmen und langfristig Wasserressourcen zu schützen.

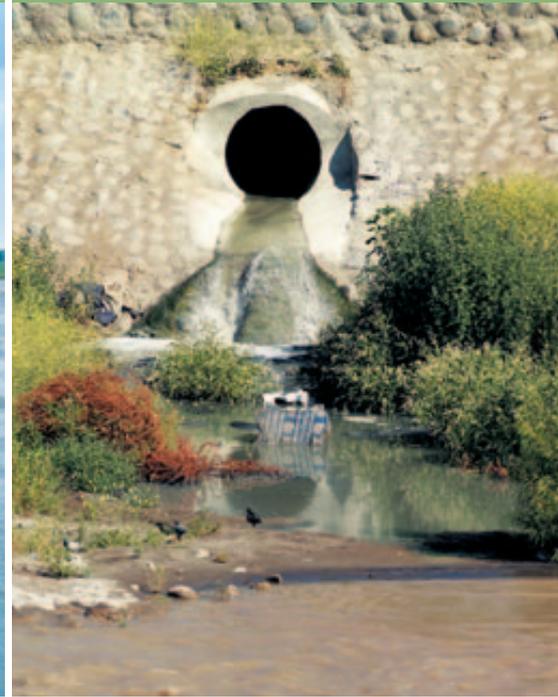
Fragen, die nur von einem interdisziplinären Team von Wissenschaftlern beantwortet werden können. Dabei müssen sie sich auf Modelle stützen: Modellsubstanzen, Modelllebensgemeinschaften, Modellfließgewässer, Computermodelle und Simulationen. Denn es ist unmöglich, alle Chemikalien und Organismen, Flüsse und Bäche zu untersuchen. Jeder Organismus, jeder Fluss und jeder Bach hat einen unverwechselbaren Charakter, seine individuelle Persönlichkeit.

Ein anderes Beispiel: Schadstoffe gelangen aus Punktquellen – das sind vor allem industrielle Einleitungen und solche aus Kläranlagen – sowie diffusen Quellen – das sind vor allem Einträge aus der Landwirtschaft – in die Flüsse. Ist es bei den Punktquellen noch relativ einfach festzustellen, welche Mengen im Flusssystem landen, ist es bei den diffusen nur schwer möglich. Doch ist es notwendig, die Wechselwirkungen aus der Landnutzung und der stofflichen Belastung der Gewässer zu quantifizieren, sollen Maßnahmen ergriffen werden, den Eintrag von Pestiziden und Bioziden zu reduzieren.

Flüsse sind seit jeher wichtige Transportwege. Doch der weitere Ausbau von Flüssen für die Schifffahrt ist und bleibt ein umstrittenes Thema.



Abwässer aus Industrie und Landwirtschaft belasten die Lebensadern der Landschaften.

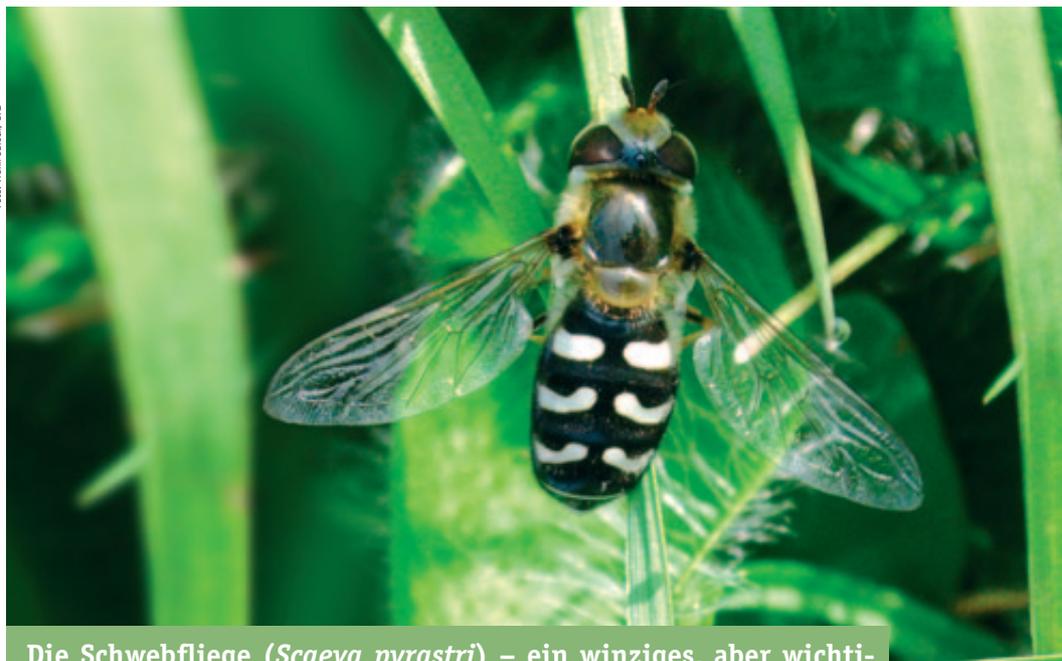


Um Flächen zu identifizieren, von denen besonders hohe Belastungen ausgehen, entwickeln die UFZ-Wissenschaftler neue Modelle, die den Transport von Schadstoffen sowie Stickstoff- und Phosphorverbindungen in agrarischen Ökosystemen und Einzugsgebieten beschreiben.

Foto: Frank Dennek, UFZ

### Wem nützt all die Forschung?

Sollen zukünftig Entscheidungen für oder gegen konkrete regionale Landnutzungsveränderungen in Flussgebieten auf der Basis wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse und Werkzeuge getroffen werden, müssen diese auch beim Nutzer oder Entscheider ankommen. Dazu werden einerseits computerbasierte Entscheidungshilfesysteme und Nutzerhandbücher für Behörden und Umweltverwaltungen entwickelt, die es erlauben, verschiedene Eigenschaften von Auen, wie die Artenvielfalt, Pufferfunktionen für Hochwässer und Schadstoffe oder den Erholungswert, qualitativ und quantitativ zu bewerten oder vorherzusagen. Andererseits werden Partner aus der Praxis in Forschungsprojekte inte-



Die Schwebfliege (*Scaeva pyrastris*) – ein winziges, aber wichtiges Glied aus der Kette einer Lebensgemeinschaft in Flussaunen.

griert. Wissenschaftler des UFZ haben beispielsweise robuste Indikatoren für Auen entwickelt, die anzeigen, welche ökologischen Veränderungen Eingriffe wie Deichrückverlegungen in den Auen verursachen. Projektpartner und Nutzer der Ergebnisse war in diesem Fall die Bundesanstalt für Gewässerkunde. Sie ist für die praktischen Maßnahmen

und Planungen im Wasserbau und Naturschutz verantwortlich und liefert wiederum die wissenschaftlich-fachlichen Grundlagen für die Arbeit von Ministerien und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung. ■

*Dr. Michael Rode ist Hydrologe und Leiter des Departments Hydrologische Modellierung.*

Es gab eine Zeit, da trug manch ein Fluss Schaumkronen oder stank derart, dass er unter die Erde verlegt wurde. Inzwischen sind viele Verschmutzer abgeschaltet, Schaum und Gestank verschwunden; vergrabene Flüsse werden Stück für Stück ans Tageslicht zurückgeholt. Das Wasser sieht vielerorts wieder klar aus. Grund zur Freude. Grund genug sich auszuruhen? Werden die Maßstäbe der EU angesetzt,

gibt noch viel zu tun. Denn die verlangt, dass Gewässer nicht nur klar aussehen, sondern so sauber sind, dass sich Fische und andere Organismen darin tummeln wie in vergleichbaren naturbelassenen Flüssen und Seen. Sie sind die besten Anzeiger dafür, dass ein Gewässer wirklich sauber ist und auch für den Menschen kein Gesundheitsrisiko darstellt.

Nach wie vor belasten Nährstoffe wie Phosphat und Nitrat aus der landwirtschaftlichen Düngung und aus Kläranlagen viele Gewässer. Algen wachsen, der Sauerstoffgehalt im Wasser nimmt ab, die Lebensbedingungen für Fische und Kleinlebewesen verschlechtern sich. Das Wasser ist auch als Trinkwasser nicht unbedingt

Bernd Klauer und Doris Böhme

# Alles

# klar?



geeignet. Obwohl die Ursachen im Prinzip bekannt sind, ist es schwierig Abhilfe zu schaffen. Fast alle Kläranlagen wurden bereits mit viel Geld erneuert, etliche neu gebaut. Die Landwirte düngen bewusster – allein schon aus ökonomischen Gründen, denn Mineraldünger ist teuer. Was können die Wasserwirtschaftsämter tun, um die Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu erreichen? Mit dieser Frage setzen sich UFZ-Wissenschaftler im Rahmen des Projektes „Entscheidungshilfen für ein integriertes Flussgebietsmanagement“ am Beispiel des Länder übergreifenden Flusseinzugsgebietes der Weißen Elster auseinander.

### Die Qual der Wahl

Welche Managementmaßnahmen ergriffen werden können, ist im Prinzip bekannt. Unklar aber ist, mit welchen sich der gute Gewässerzustand am kostengünstigsten erreichen lässt.



Foto: Photodisc Environmental Concerns



Düngung in der Landwirtschaft oder Beweidung sind Quelle für diffuse Nährstoffeinträge in Gewässer

Sollen kommunale Kläranlagen optimiert oder dezentrale Abwasserreinigungsanlagen gebaut werden? Sind ökologischer Landbau oder konservierende Bodenbearbeitung sinnvoll? Was bringen Brachflächen, Uferandstreifen, oder weniger Wasserentnahme? Um aus dem Fundus potenzieller Möglichkeiten die richtigen auszuwählen, entwickeln die Wissenschaftler ein Entscheidungshilfungsverfahren, auf dessen Basis die Behörden Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne für alle Flussgebiete aufstellen können.

Das Verfahren umfasst technisch anspruchsvolle Modellierungstools, die

## WISSENSWERTES

Die **Weiße Elster** (Bild unten) ist ein 257 km langer rechter Nebenfluss der Saale. Sie entspringt im Elstergebirge in Tschechien und mündet bei Halle in die Saale. Der Name Elster hat nichts mit dem Vogel zu tun. Er ist slawischen Ursprungs und heißt „die Eilende“. Wichtige Nebenflüsse sind die Weida und Pleiße. Im 5.154 Quadratkilometer großen Einzugsgebiet der Weißen Elster leben 1,5 Millionen Einwohner. Größere Städte am Fluss sind Plauen, Gera und Leipzig.

auf Internet und geografischen Informationssystemen beruhen, den Wasser- und Stoffhaushalt berücksichtigen und sozioökonomische Prognosemethoden integrieren. Mit ihrer Hilfe soll abge-

ausgewählt. Diese Struktur soll als Leitfaden für Entscheidungsprozesse in der Praxis dienen. Bei ihrer Entwicklung werden auch die rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen sowie Akzeptanzfragen berücksichtigt.

### Teamarbeit

Bei der Vielschichtigkeit der Aufgabenstellung sind Experten unterschiedlicher Fachrichtungen gefragt: Hydrologen, Bodenforscher und Geografen des UFZ arbeiten an der Modellierung der Wasser- und Nährstoffströme von der Pflanze bis zum Messpegel im Fluss. Geoinformatiker der Universität Jena und des UFZ liefern die programmiertechnischen Voraussetzungen für die Modellkopplung. Ökonomen des UFZ schätzen Kosten ab und entwerfen die Architektur des gesamten Entscheidungshilfungsverfahrens, Juristen des UFZ und der Universität Leipzig prüfen die rechtliche Um-

schätzt werden, wie wirksam die verschiedensten Managementmaßnahmen auch bei suboptimaler Datenlage sind – und das ist in der Praxis die Regel. Vor allem aber soll es den Entscheidungsprozess besser strukturieren. Zunächst werden die aussichtsreichsten Managementmaßnahmen vorausgewählt, dann wird anhand von Daten und Berechnungen abgeschätzt, welche Wirkung jede einzelne Maßnahme haben könnte. Sie werden verglichen und bewertet, kombiniert und wieder bewertet. Letztendlich werden die „besten“ im Sinne von stofflicher Wirkung und Ökonomie für den Bewirtschaftungsplan

setzbarkeit der Maßnahmen. Mindestens so wichtig wie die enge Kooperation zwischen den Wissenschaftlern ist der Austausch mit den Praktikern. Das Verfahren wird daher zurzeit gemeinsam mit den Umweltministerien der Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen getestet. Ist es erfolgreich, kann es den Wasserwirtschaftsbehörden gerade rechtzeitig für die 2009 fällige Aufstellung der Bewirtschaftungspläne zur Verfügung gestellt werden. ■

Der Mathematiker und Ökonom Dr. Bernd Klauer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Department Ökonomie.

Matthias Liess und Doris Böhme

# Chemikalien – Was halten unsere Flüsse aus?

Chemie gehört zum Leben wie die Luft zum Atmen. Sie steckt in Autos, Fernsehern, Radios, Computern und Handys, in Bekleidung, Putzmitteln, Farben, Arznei und Kosmetik; sie steigert landwirtschaftliche Erträge und macht Lebensmittel länger haltbar. Für unseren Lebensstandard werden Tausende von Chemikalien in großen Mengen transportiert, verarbeitet und in der Umwelt verteilt. Viele von ihnen sind mehr oder weniger giftig. Ein riesiges Potenzial, die Lebensgrundlagen von Mensch, Tier und Pflanze flächendeckend zu gefährden – nicht nur theoretisch. Einige Chemikalien gelangen absichtlich in die Umwelt, andere ohne dass wir es wissen. So z.B. Pestizide, Industriechemikalien und Pharmaka – sie sind eine ungewollte Belastung für Ökosysteme – auch für Flüsse.

Bevor Chemikalien zugelassen werden, muss ihr Risikopotenzial bewertet werden. So schreibt es das Gesetz vor. Allerdings weisen die derzeitigen verwendeten Verfahren zur Risikobewertung Unsicherheiten auf, denn in den gängigen Labortestsystemen wird der Effekt einzelner Chemikalien unter Laborbe-

dingungen untersucht. Doch die Realität sieht anders aus. Deshalb haben sich Wissenschaftler des UFZ vorgenommen, die Risikobewertung von Chemikalien realistischer und praktischer zu gestalten – auf der Ebene von Ökosystemen wie Flüssen, Seen und Küstengewässern.

---

**Bevor sie zugelassen werden, müssen Chemikalien auf ihr Risikopotenzial bewertet werden. Viele gängige Verfahren weisen Unsicherheiten auf.**

---

## Vom Individuum zur Landschaft

Bei welchen Konzentrationen werden toxische Stoffe für Lebensgemeinschaften in Gewässern wie Bächen oder Flüssen gefährlich? Die Wissenschaftler beginnen bei ihrer Suche nach Antworten im Labor und am Computer. Sie sammeln Wissen, wie biologisch aktive Schadstoffe auf Modellorganismen wirken, und entwickeln Computermodelle weiter, mit denen zunächst die Toxizität einer Vielzahl von Chemikalien und dann

die schadstoffspezifische Empfindlichkeit für eine Vielzahl von Freilandorganismen vorhergesagt werden kann. Die Prognosen basieren unter anderem auf der Beziehung zwischen Struktur und Wirkung von Chemikalien (Quantitative Structure Activity Relationship).

Im nächsten Schritt untersuchen die Forscher künstliche Ökosysteme. In Labortestsystemen oder in Fließbrinnen – so genannten Mesokosmen – quantifizieren sie die Wirkung von Schadstoffen auf Planktonlebensgemeinschaften, Biofilme und Wirbellose unter wirklichkeitsnahen und kontrollierten Bedingungen. Auf diese Weise können die Wissenschaftler ablesen, wie die verschiedenen Organismen auf chemischen und nicht-chemischen Stress wie Hochwasser und Lebensraumveränderung reagieren. Daraus lassen sich wiederum die essentiellen Parameter für eine Abbildung der Realität in Modellen ableiten.

## Die reale Welt

Den Schritt in die Realität machte ein internationales Wissenschaftlerteam unter Leitung des UFZ. Es untersuchte



In künstlichen Fließrinnen – Mesokosmen – kann die Wirkung von Chemikalien auf Lebensgemeinschaften schon recht realitätsnah studiert werden.

eine große Zahl europäischer Fließgewässer mit dem Ziel herauszufinden, ob die Zusammensetzung von Lebensgemeinschaften Wirbelloser durch Pestizide beeinflusst wird. Um andere Umweltfaktoren als Ursache auszuschließen, wurden die einzelnen Arten anhand von ökologischen Eigenschaften wie Sensitivität gegenüber organischen Schadstoffen, Reproduktionsgeschwindigkeit und Ausbreitungsfähigkeit in Klassen gruppiert: durch Pestizide gefährdet und nicht gefährdet. Die Untersuchungen brachten tatsächlich Muster zutage: Pestizidkonzentrationen, die im Labortest als unbedenklich eingestuft wurden, reduzierten eine große Zahl sensibler Arten in der Lebensgemeinschaft und führten gleichzeitig zu einem Anstieg der insensiblen Arten. Die Wissenschaftler konnten aber auch nachweisen, dass negative Effekte durch stromaufwärts liegende ungestörte Flussabschnitte kompensiert werden können.



Foto: Matthias Liess, UFZ

## WISSENSWERTES

Als **Pestizid** werden sämtliche Pflanzenschutzmittel bezeichnet, die zur Schädlingsbekämpfung sowie als Wachstumsregler eingesetzt werden. Im engeren Sinne sind Pestizide Mittel zur Bekämpfung tierischer Schädlinge (englisch: pests).

Die Komplexität der Probleme bestimmt die disziplinäre Bandbreite der beteiligten Wissenschaftler: Chemiker analysieren Stoffe im Ultraspurenbereich; Ökotoxikologen untersuchen die Wirkung von toxischen Chemikalien; Ökologen, Modellierer und Geoinfor-

matiker haben neuartige Modelle entwickelt, die Vorhersagen bei Wechselwirkungen einer Vielzahl von Parametern ermöglichen. Hiermit werden Schädwirkungen auf Landschaftsebene identifiziert und vorhergesagt. Juristen prüfen, welche Maßnahmen zur Schadstoffreduktion rechtlich umsetzbar sind. Dabei wird mit Behörden und Einrichtungen wie dem Umweltbundesamt oder dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) sowie der Europäischen Kommission eng zusammengearbeitet. Denn das Ziel ist nicht nur Risiken zu bewerten, sondern sie tatsächlich zu reduzieren. ■

Der Ökologe Dr. Matthias Liess leitet das Department System-Ökotoxikologie.