UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH im Überblick

Das UFZ – gegründet im Dezember 1991 – beschäftigt sich als erste und einzige Forschungseinrichtung der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) ausschließlich mit Umweltforschung. Das Zentrum hat zur Zeit rund 650 Mitarbeiter. Finanziert wird es zu 90% vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung), der Freistaat Sachsen und das Land Sachsen-Anhalt beteiligen sich mit jeweils fünf Prozent.

Umweltforschung heute verlangt Interdisziplinarität und Flexibilität. Die Großwetterlage im Umweltbereich hat sich geändert, denn nicht Spezialisation und Akademisierung, sondern Anwendungsbezug und Interdisziplinarität sind die Charakteristika dieser Forschung, so auch des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle und der HGF insgesamt.

Gegründet mit Blick auf die stark belastete Landschaft des Mitteldeutschen Raumes ist das UFZ heute ein anerkanntes Kompetenzzentrum für die Sanierung und Renaturierung belasteter, bzw. die Erhaltung naturnaher Landschaften – nicht nur für diese Region. Die Umweltforschung am UFZ richtet sich zunehmend an globalen Problemen und Fragestellungen aus und präsentiert sich international; zu Osteuropa, Nord- und Südamerika und dem südlichen Afrika bestehen enge Forschungskontakte.

Aufbauend auf einer fundierten wissenschaftlichen Basis, wird in interdisziplinären Verbundprojekten die landschaftsorientierte, naturwissenschaftliche Forschung eng mit der Umweltmedizin, den Sozialwissenschaften, der ökologischen Ökonomie und dem Umweltrecht verbunden. Kulturlandschaften, also vom Menschen genutzte und veränderte Landschaften, mit ihren typischen terrestrischen und aquatischen Lebensgemeinschaften sollen nachhaltig gestaltet werden. Voraussetzung ist das Verstehen dieser hochkomplexen, vernetzten und dynamischen Systeme, um die Auswirkungen anthropogener Eingriffe wie Tagebauflutungen, Flussregulierungen oder die Zerschneidung der Landschaft vorhersagen bzw. abschätzen zu können. Aus diesem Grund nehmen die Entwicklung Geographischer Informationssysteme, die ökologische Modellierung, das Umweltmonitoring und die Biodiversitätsforschung breiten Raum in den Arbeiten des UFZ ein.

Das Umweltforschungszentrum setzt bei der Renaturierung geschädigter Landschaften immer mehr auf die Selbstheilungsmechanismen der Natur. Mikroorganismen eröffnen neue Möglichkeiten in der Entwicklung innovativer Biotechnologien für die Umwelt, zum Beispiel bei der in situ-Sanierung kontaminierter Grundwässer oder der Synthese neuer, umweltfreundlicher Wert- und Werkstoffe.

UFZ-UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM
Leipzig-Halle GmbH / Permoserstraße 15 / 04318 Leipzig

Telefon: **0341/ 235 2278**
Fax: **0341/ 235 2649**
e-mail: **feldmann@pro.ufz.de**
Internet: **http://www.ufz.de**

MAGAZIN
UFZ-UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GmbH
AUGUST 2000 [AUSGABE 5]

LEBENSRÄUME

SCHWERPUNKTTHEMA

FLUSSLAND-SCHAFTEN

FORSCHUNG AN DER ELBE

Forschung in Fließgewässern

Flüsse sind Lebensadern, auch wenn Rhein und Elbe und ihre Zuflüsse bis vor einigen Jahren zu Abwasserkanälen verkommen waren. Heute sind wir gewohnt, immer wieder von Fortschritten bei der Verbesserung der Gewässergüte zu hören, die im Wiederauftreten von verloren geglaubten Tier- und Pflanzenarten augenscheinlich werden. Damit gewinnen die Flüsse auch wieder an Bedeutung für die Trink- und Brauchwassergewinnung.

Die großen Erfolge bei der Reduzierung von Schwermetallen und organischen Schadstoffen dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass unsere Flüsse und die Randmeere an Nord- und Ostsee weiterhin mit Nährstoffen überfrachtet sind. Düngemittelrückstände aus der Landwirtschaft sind die Hauptquelle.

Auch im Zusammenhang mit dem Arten- und Biotopschutz sind Flusslandschaften verstärkt in das öffentliche Bewusstsein gerückt. Im Biosphärenreservat "Flusslandschaft Elbe" werden auf 400 Stromkilometer Länge Fluss und Auen unter Schutz gestellt. Bezeichnend für die Elbe ist, dass Hochwässer hier nicht so gravierende Schäden anrichten, wie an Rhein, Mosel und Oder. Weil Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen an wasserbaulichen Anlagen in den letzten Jahrzehnten unterblieben, war die Flusslandschaft bisher in der Lage, auch größere Hochwassermassen zu speichern. In einigen Bereichen werden ehemalige Auenbereiche durch Deichrückverlegungen renaturiert, um den Hochwasser- und auch den Biotopschutz weiter zu verbessern. Brisant ist vor diesem Hintergrund die Diskussion, die seit der Wende um den Ausbau der Elbe und ihrer Nebenflüsse Saale und Havel für die Schifffahrt geführt wird.

Bei den Forschungsarbeiten im Elbegebiet kommt dem UFZ seine interdisziplinäre Ausrichtung zugute. Hydrologen, Bodenkundler, Geografen, Biologen und Umweltökonomen ergänzen sich und betrachten nicht nur einzelne Flussabschnitte sondern das gesamte Flusssystem mit seinem Einzugsgebiet. Sie liefern die wissenschaftlichen Grundlagen für ein Flusseinzugsgebietsmanagement, wie es nach den Maßgaben der neuen EU-Wasserrahmenrichtlinie notwendig wird.

DIE REDAKTION

Inhalt

Skipper auf dem UFZ-Forschungsschiff ALBIS

Thema S.6

Mitarbeiter der UFZ-Sektion Gewässerforschung in Magdeburg haben ein Forschungsschiff entwickelt, das auch die Probenahme im Flachwasser und bei Niedrigwasser ermöglicht.

Vom Dünger zur Gewässereutrophierung

Thema S.17

Aus der Landwirtschaft gelangen immer noch erhebliche Mengen Phosphate und Nitrate in die Flusssysteme. Wissenschaftler aus dem UFZ suchen nach den Ursachen und erarbeiten Gegenmaßnahmen.

Skipper auf dem UFZ-Forschungsschiff ALBIS
Für die Erforschung der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse in Flüssen wurde die ALBIS entwickelt. Sie ermöglicht Probenahmen an einer beliebigen Stelle im Fluss und die unverzügliche Bearbeitung und Analyse einer Vielzahl von Proben **6**

Interview mit Dr. Michael Rode, Leiter des Projektbereiches Fluss- und Seenlandschaften im UFZ **8**

Die ökologische Entwicklung der Elbe
Die Untersuchungen der Gewässerforscher zum Stoffhaushalt und seiner Bedeutung für den ökologischen Zustand der Elbe und ihrer Auen sind Voraussetzung für ein besseres Verständnis der Struktur und Dynamik belasteter Flussökosysteme **10**

Wie sauber ist die Elbe zehn Jahre nach der Wende?
Seit vielen Jahren messen UFZ-Wissenschaftler die Nährstoff- und Biomassedynamik der Elbe von der tschechischen Grenze bis Neu Darchau im nordöstlichen Niedersachsen. **12**

Interview mit Dr. Martin Socher, Abteilungsleiter Wasser im Staatlichen Umweltfachamt Leipzig **14**

Vom Dünger zur Gewässereutrophierung **17**

Storchschutz kontra Kiesabbau?
Umweltökonomen suchen Kompromisse
Der Torgauer Raum, nordöstlich von Leipzig an der Elbe gelegen, weist eine reichhaltige Naturraumausstattung auf. Konflikte treten dort auf, wo die ökonomischen Interessen der Landnutzung mit denen des Biotop- und Artenschutzes oder des Trinkwasserschutzes kollidieren **20**

Ökologische Auswirkungen des Kiesabbaus in den Elbauen
Auentypische Lebensräume wie Altwässer, Flutrinnen, Stromtalwiesen oder Auengehölze sind betroffen, wenn es infolge des Kiesabbaus zu Grundwasserabsenkungen kommt **23**

Interview mit Jürgen Roth, Leiter des WWF Elbe-Projektbüros in Magdeburg **24**

Schnecken, Laufkäfer und Schwebfliegen zeigen Veränderungen im Lebensraum Flussaue an
Wissenschaftler aus dem UFZ arbeiten an einem Indikationssystem, das anhand ausgewählter, einfach messbarer Parameter aus der belebten und unbelebten Natur eine schnelle Abschätzung des Zustands von Auengrünland ermöglicht **27**

Neue Auen für die Elbe
Durch hunderte Jahre Deichbau und andere flussbautechnische Maßnahmen hat die Elbe 80% ihres ursprünglichen Überschwemmungsgebietes verloren **28**

Storchschutz kontra Kiesabbau?
Umweltökonomen suchen Kompromisse

Thema S.20

Ökologische Auswirkungen des Kiesabbaus in den Elbauen

Thema S.23

Thema S.28

Über 50 Deichrückverlegungen an der Mittleren Elbe sind geplant oder bereits umgesetzt. Hiervon profitieren Biotop- und Artenschutz und Hochwasserschutz gleichermaßen.

Fotos: B. Karrasch

Skipper auf dem UFZ-Forschungsschiff ALBIS

Für die Erforschung der physikalischen, chemischen und biologischen Verhältnisse und Prozesse in Flüssen wie der Elbe, ist eine Probenahme an einer beliebigen Stelle im Fluss und die unverzügliche Bearbeitung und Analyse einer Vielzahl von Proben unerlässlich. Um diesen wissenschaftlichen Anforderungen gerecht zu werden, wurde von Mitarbeitern der UFZ-Sektion Gewässerforschung in Magdeburg ein Forschungsschiff entwickelt.

Im Juni 1998 lief die ALBIS vom Stapel. Ihr Name (Albis = die Weiße) wurde bei den Römern entliehen, die so die Elbe nannten. Damit das Schiff von UFZ-Mitarbeitern gefahren werden kann, machten Dr. Bernhard Karrasch und Michael Herzog aus der Sektion Gewässerforschung den Sportbootführerschein Binnen. „Freizeitskipper" dürfen Boote bis zu einer Länge von 15 m führen und genau an diese Vorgabe hielt man sich beim Bau der ALBIS: Sie ist 14,98 m lang, 4,20 m breit und wird von 2 Dieselmotoren mit je 56 PS angetrieben.

Auf Grund der Doppelrumpfkonstruktion und der Erstellung des Schiffskörpers aus Aluminium ergibt sich ein von den Wissenschaftlern geforderter geringer Tiefgang von nur 40 cm. Dadurch können Karrasch und Herzog die ALBIS sowohl bei extremem Niedrigwasser als auch in flachen Flüssen sowie in Randzonen oder Buhnenfeldern einsetzen. Eine weitere Besonderheit des Schiffs stellt der hydrografische Schacht dar, eine Öffnung im Schiffsboden, die es ermöglicht, Direktmessungen der Wasserqualität auch während der Fahrt durchzuführen.

Die Fahrten mit der ALBIS ermöglichen den UFZ-Wissenschaftlern neue Erkenntnisse über Chemie, Physik und Biologie der Flüsse.

Neben dem Schiffsführer besteht die Besatzung in der Regel aus zwei weiteren Wissenschaftlern und zwei Technikern, die die Elbe und ihre Nebenflüsse bereisen, um Proben zu nehmen und gleich an Bord zu analysieren. Die ALBIS verfügt über ein Arbeitsdeck zur Entnahme von Wasser- und Sedimentproben, einen großen, vielseitig einsetzbaren Laborbereich und ein Ruderhaus sowie über Schlafplätze für mehrtägige Untersuchungsreisen. Modernste Satelliten-Navigation macht eine zentimetergenaue Bestimmung der Probenahmeposition möglich.

Zu den besonderen Ausstattungsmerkmalen des Laborbereichs zählen ein automatisiertes Analysesystem zur Messung der Algennährstoffe in Flüssen sowie eine Multisonde, die eine Vielzahl von wichtigen Gewässergütedaten gleichzeitig und kontinuierlich über den Tag messen kann. Die Wissenschaftler können an Bord des Schiffs neben der Wasser- und Sedimentprobenahme eine Vielzahl von chemischen, physikalischen, mikrobiologischen und planktologischen Untersuchungen durchführen. Daten über den aktuellen Gewässerzustand stehen so äußerst schnell zur Verfügung und können in Havariefällen als Entscheidungshilfe für Maßnahmen zur Schadensminimierung bereitgestellt werden.

Zum Spektrum der Laboruntersuchungen an Bord zählen auch Analysen von sensiblen biologisch-ökologischen Proben, die sich ansonsten durch weite Transportwege ins heimische Labor zu stark verändern und somit zu falschen Messwerten führen würden.

Derzeitiger Haupteinsatzzweck der ALBIS ist die Beprobung des Längsverlaufs der Elbe von Schmilka an der tschechischen Grenze bis fast zur Elbemündung bei Geesthacht. Im Rahmen eines deutsch-tschechischen Projektes werden hier die Auswirkungen von Nährstoffen auf die Gewässerbeschaffenheit erfasst. Andere Untersuchungen beziehen die Nebenflüsse der Elbe ein. So befährt die ALBIS auch Saale, Mulde, Havel, Elbe-Havelkanal und Spree, um Daten zur biologischen Selbstreinigungskraft der Gewässer und deren Belastung mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen zu sammeln. Neuerdings interessieren sich die Wissenschaftler auch für Viren in den Wasserproben, die offenbar die Entwicklung von Bakterien- und Zooplankton-Populationen wesentlich steuern.

4591 Kilometer haben die Gewässerforscher mittlerweile auf Expeditionen mit der ALBIS zurückgelegt. Zukünftig sind weitere Messfahrten unter dem Aspekt der Ökologie und des Hochwasserschutzes u.a. auch auf der Oder und in Oder-Überflutungsgebieten geplant sowie Messkampagnen zum ökologischen Zustand weiterer deutscher Flüsse. Unter Beteiligung anderer Forschungseinrichtungen wurde und wird das Forschungsschiff auch innerhalb der nationalen und internationalen Verbundforschung als wichtige Probenahme- und Laborplattform zum Einsatz kommen.

Die Fahrten mit der ALBIS ermöglichen den UFZ-Wissenschaftlern neue Erkenntnisse über Chemie, Physik, Biologie und Belastung der Flüsse, die eine wichtige Grundvoraussetzung für die Entwicklung von Sanierungs- und Renaturierungskonzepten für die immer noch stark belasteten Fließgewässer in Deutschland darstellen. ■

Sensible biologisch-ökologische Proben

können sofort an Bord analysiert werden. Weite Transportwege, die zu Veränderungen der Proben führen können, entfallen.

Interview

mit Dr. Michael Rode, Leiter des Projektbereichs Fluss- und Seenlandschaften am UFZ in Magdeburg

Foto: UFZ

FRAGE: *Was ist das Aufgabenspektrum des neu eingerichteten Projektbereichs Fluss- und Seenlandschaften?*

DR. RODE: Der Projektbereich Fluss- und Seenlandschaften konzentriert sich auf die integrierte Untersuchung der aquatischen Lebensräume. Ziel ist hierbei die Entwicklung von Sanierungs- und Renaturierungsmaßnahmen sowohl für Fließgewässer als auch für die Standgewässer. Es hat sich gezeigt, dass die Gewässer durch vielfältige Nutzungen, wie beispielsweise Nährstoffeinträge durch die Landwirtschaft oder Gewässerausbau für die Schifffahrt, nachteilig verändert wurden. Für die Erarbeitung von langfristigen Konzepten zur Sicherung der Gewässerlandschaften müssen daher Wissenschaftler aus ganz unterschiedlichen Fachdisziplinen wie Limnologie, Ökotoxikologie und Hydrologie eng zusammenarbeiten. Der Projektbereich koordiniert diese Forschungsaktivitäten im UFZ und bündelt sie in größeren Forschungsverbünden. Nur so können die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Gewässer erforscht werden. Wichtig ist hierbei, dass die Gewässer und deren Einzugsgebiete als Einheit gesehen werden. Bei unseren Forschungsprojekten versuchen wir neben den rein naturwissenschaftlichen Fachrichtungen auch zunehmend soziologische und ökonomische Aspekte aufzunehmen. Nur so können die Nutzungsinteressen ausreichend berücksichtigt und mit ökologischen Erfordernissen in Einklang gebracht werden.

Um langfristige Konzepte für die Sicherung von Gewässerlandschaften zu entwickeln, müssen Wissenschaftler aus ganz unterschiedlichen Fachdisziplinen zusammenarbeiten.

Derzeit bildet die Elbe den Schwerpunkt bei der Flussforschung am UFZ. Beispielsweise wird von Limnologen untersucht, wie weit die Nährstoffeinträge in den Fluss reduziert werden müssen, um die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers langfristig zu sichern. Demgegenüber untersuchen Arbeitsgruppen aus Bodenforschern, Hydrologen und Geografen in einem Verbundprojekt zur Elbe, mit welchen Maßnahmen die diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft reduziert werden können.

Einen zweiten Schwerpunkt stellt die Sanierung von stark versauerten Bergbauseen in der Lausitz sowie die Begleitforschung zur Flutung der versauerten Braunkohletagebaue im Mitteldeutschen Raum dar. Es werden neue Technologien zur *in situ*-Sanierung erarbeitet, die weitgehend auf weichen, d.h. biologischen Verfahren aufbauen. Langfristig soll die Nutzung der Seen gesichert bzw. deren ökologischer Zustand verbessert werden.

FRAGE: *Mit Blick zurück, wo konnten Ergebnisse aus abgeschlossenen und laufenden Projekten bereits in der Praxis eingesetzt werden?*

DR. RODE: Die Arbeiten zur Flutungsbegleitforschung der Tagebaurestlöcher wurden zu einem erheblichen Teil durch die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) finanziert, und die Flutung wurde aufbauend auf den vom UFZ durchgeführten Untersuchungen konzipiert. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass sowohl die Nährstoff- als auch die Säurebelastung der zukünftigen Seen minimiert und somit deren angestrebte Nutzung als Naherholungsgebiete ermöglicht wird.

Die Untersuchungsergebnisse zur Stoffbelastung der Elbe werden von der Arbeitsgemeinschaft der Elbe (ARGE Elbe) sowie seitens der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) aufgenommen und für die Konzeption prioritärer Maßnahmen zur weiteren Verbesserung des ökologischen Zustandes der Elbe genutzt. Mit den Arbeiten zur Stoffbelastung der Elb- und Muldeauen konnten wir zeigen, welche Gefährdungspotenziale durch Schwermetalle und organische Schadstoffe bei der landwirtschaftlichen Nutzung bestehen. Hierdurch können wertvolle Hinweise für die zukünftige Nutzung dieser Flächen (z.B. Weidehaltung) gewonnen werden.

FRAGE: *Im Januar veranstaltete das UFZ in Halle einen Workshop zur Ökologie der Saale. Was sind die Ergebnisse, welche Untersuchungen plant das UFZ hier mit seinen Kooperationspartnern?*

DR. RODE: Neben Wissenschaftlern nahmen an dem Workshop übrigens auch eine Reihe von Vertretern der Wasser- und Naturschutzbehörden der Bundesländer Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt teil. Der Workshop zur Ökologie der Saale hat offengelegt, wie stark das Gewässer durch vielfältige Nutzungen beeinträchtigt ist. So ist die Saale in weiten Teilen kritisch mit Nährstoffen und Schwermetallen belastet, zum Teil weisen die Fische Schwermetallgehalte auf, die über den zulässigen Grenzwerten liegen. Zudem ist die Saale stark durch Wasserbaumaßnahmen beeinträchtigt. Das UFZ plant für die kommenden Jahre ein größeres interdisziplinäres Forschungsprojekt zum Flussgebietsmanagement der Saale. An der Saale soll beispielhaft ein übertragbares Konzept für eine möglichst ganzheitliche Bewirtschaftung des Flussgebietes erarbeitet werden, das neben den Nutzungsinteressen durch Landwirtschaft, Industrie, Stromerzeugung, Trinkwassergewinnung und Schifffahrt langfristig die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers sichert. Das Projekt nimmt hierbei die Vorgaben aus der neuen Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft auf und möchte deren Umsetzung für das Saalegebiet unterstützen. Wichtige zu untersuchende Fragen sind z.B.: Wie wirken sich Deintensivierungen der landwirtschaftlichen Nutzung auf die Gewässer aus und lassen sich diese steuern? Welche ökotoxikologischen Wirkungen treten auf Grund der Schadstoffbelastung im Gewässer auf? Wie lassen sich Maßnahmen hinsichtlich ihrer Effizienz durch Kosten-Nutzen-Analysen bewerten und prioritäre Maßnahmen ableiten? Das UFZ wird hierbei sowohl mit einer Reihe von Universitäten in den beteiligten Bundesländern als auch den betroffenen Landesbehörden kooperieren.

Vertiefende Studien sind im Gebiet der Weißen Elster geplant. Weitere Projekte zum Management von Flussgebieten führen wir in Brasilien durch und planen wir auch für Chile. ■

(http://www.ufz.de/spb/fluss/)

Die IKSE

Foto: R. Feldmann

Im Oktober 1990 unterzeichneten Vertreter der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechischen Republik und der EU die Vereinbarung über eine Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE). Seither wurden von der IKSE verschiedene Aktionsprogramme aufgelegt, um die Elbe und ihr Umland vor Eingriffen zu schützen. Im Rahmen des ersten Aktionsprogramms (1992-95) wurden in der Bundesrepublik 106, in der Tschechischen Republik 32 kommunale Kläranlagen im Einzugsgebiet der Elbe gebaut. Mit einem Programm zum Schutz und zur Verbesserung der Biotopstrukturen der Elbe wurden 1992 die Grundlagen für ein zusammenhängendes Schutzgebietssystem entlang der Elbe geschaffen. Im Oktober 1995 beschloss die IKSE in Prag ein neues, langfristiges Aktionsprogramm (1996 – 2010). Folgende Ziele werden verfolgt:

- Gewinnung von Trinkwasser aus dem Uferfiltrat und Verwendung des Wassers für die Landwirtschaft
- Wiederherstellung eines möglichst naturnahen Ökosystems mit einer gesunden Artenvielfalt
- Nachhaltige Verringerung der Belastung der Nordsee aus dem Einzugsgebiet der Elbe
- Verbesserung des Zustandes der Elbe und ihrer Nebenflüsse in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht in den Komponenten Wasser, Schwebstoffe, Sedimente und Organismen
- Erhöhung des ökologischen Wertes der Gewässer und Auen im Einzugsgebiet der Elbe einschließlich ihrer natürlichen Retentionsfähigkeit
- Erhaltung und Verbesserung der Auenlandschaft mit ihrer Artenvielfalt

Aus Anlass des 10jährigen Bestehens der Kommission gibt es im Oktober 2000 ein Kolloquium.

http://www.ikse.de

Die ökologische Entwicklung der Elbe

Im UFZ-Projektbereich Fluss- und Seenlandschaften werden die wissenschaftlichen Grundlagen erarbeitet für Renaturierungs- und Sanierungskonzepte und für die Abschätzung der Folgen anthropogener Eingriffe wie Flussbaumaßnahmen, Verkehrsplanungen sowie landwirtschaftliche und touristische Nutzungen. Die Untersuchungen der Gewässerforscher zum Stoffhaushalt und seiner Bedeutung für den ökologischen Zustand der Elbe und ihrer Auen sind Voraussetzung für ein besseres Verständnis der Struktur und Dynamik belasteter Flussökosysteme.

(M. Rode)

Bedingt durch den politischen und wirtschaftlichen Strukturwandel in Deutschland hat sich die Wasserbeschaffenheit der Elbe seit Mitte 1990 verändert und wird sich voraussichtlich auch in den nächsten Jahren weiter ändern. Die Lastsenkungsprogramme im deutschen und tschechischen Einzugsgebiet führen insgesamt zu einer Abnahme der Gewässerbelastung. Auf Grund der Verschiedenartigkeit der Stoffquellen und der Steuer- und Bewirtschaftungsmöglichkeiten erfasst diese Abnahme jedoch nicht gleichmäßig alle Messgrößen. Es treten Verschiebungen im Schadstoffspektrum und bei den physikalischen Kenngrößen auf, die die Gewässergüte und biologische Umsatzprozesse beeinflussen. Eingeleitete organische Abfälle, Pflanzennährstoffe und toxische Substanzen, wie z.B. Schwermetalle oder Pestizide, beeinflussen und verändern stellenweise immer noch stark den Stoffhaushalt der Elbe. Sie beeinträchtigen oder verhindern eine Mehrfachnutzung des Flusses für die Fischerei, als Erholungsraum sowie für die Wasserversorgung von Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie.

Die Bewertung des Gewässerzustandes setzt eine Erfassung des räumlichen und zeitlichen Verhaltens der Gewässergüteparameter voraus. Neben der physikalischen und chemischen Analyse des Gewässers können auch lebende Organismen zur Anzeige von Schadstoffen – dem Biomonitoring – herangezogen werden. Aquatische Tierarten werden beispielsweise zur Erfassung von Schwermetallbelastungen in der Elbe eingesetzt.

Der größte Teil der biologischen Stoffumsetzungsprozesse erfolgt in großen Fließgewässern wie der Elbe innerhalb des Freiwasserraumes und an den im Wasser mitgeführten Schwebstoffen. Dem Lebensraum an der Flusssohle kommt dagegen eine untergeordnete Rolle zu. Verantwortlich für die biologischen Stoffumsetzungsprozesse sind im Freiwasser lebende und passiv treibende

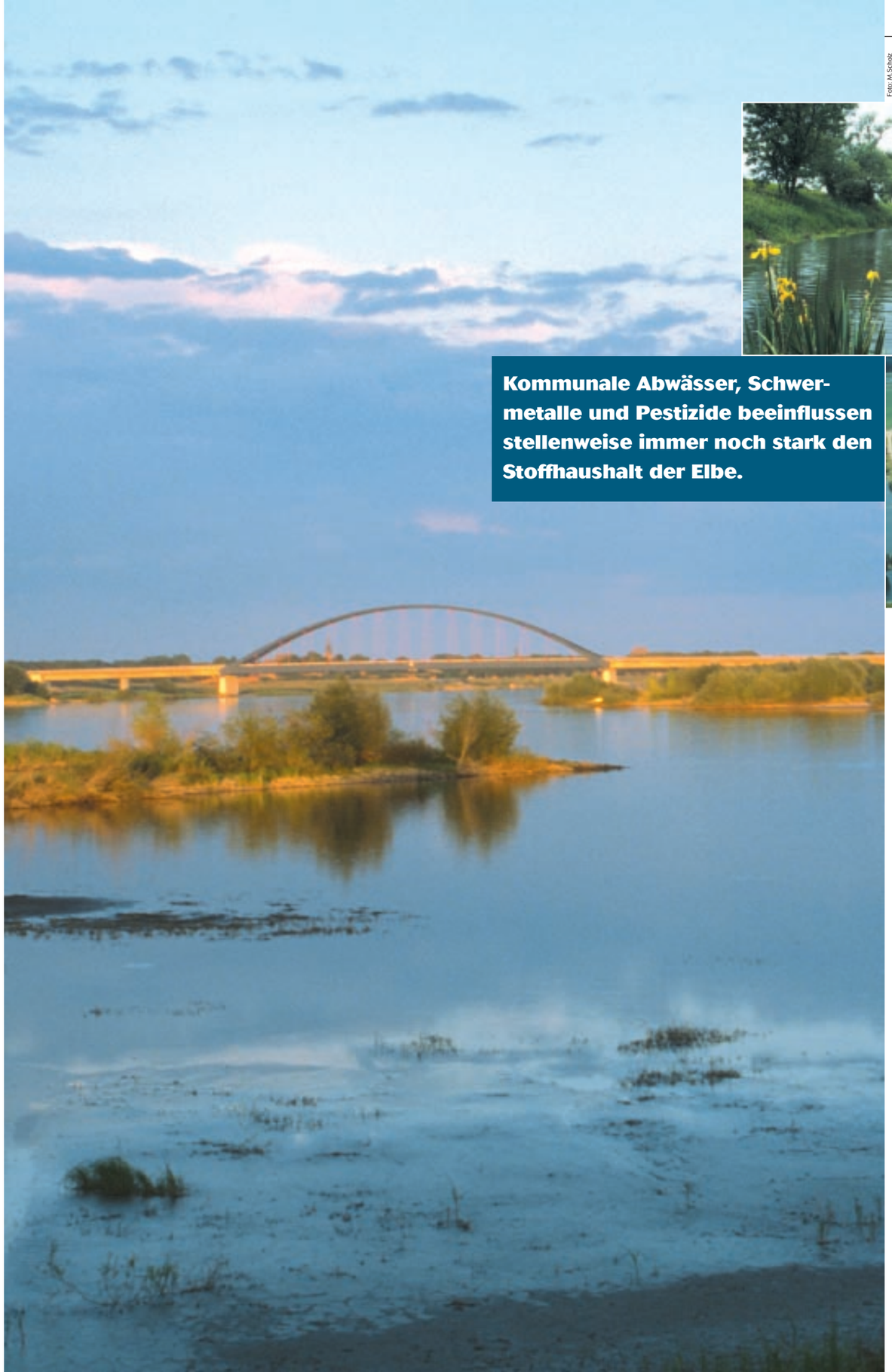


Foto: M. Scholz

Foto: M. Scholz

Kommunale Abwässer, Schwermetalle und Pestizide beeinflussen stellenweise immer noch stark den Stoffhaushalt der Elbe.

Foto: J. Roth (WWF)

Organismen – das Plankton. Bisherige Untersuchungen in Flüssen beschränkten sich vor allem auf die Erfassung physikochemischer Messgrößen sowie spezifischer Nähr- und Schadstoffe, die die Strukturen des Ökosystems direkt oder indirekt beeinflussen können. Am UFZ konzentriert man sich hingegen auf das Zusammenwirken physikochemischer und biologischer Prozesse, durch die sich bei einer tiefgreifenden Belastungsänderung Struktur und Dynamik der Ökosystemkomponenten kontinuierlich verschieben.

So haben günstige Veränderungen des Stoffhaushaltes im Ökosystem Elbe zu einem Wandel in den Organismengemeinschaften beigetragen. Speziell bei der in der Bodenzone des Gewässers lebenden und mit dem Auge sichtbaren Fauna, dem Makrozoobenthon, begann 1990 ein Wandel von einer instabilen Gemeinschaft mit wenigen verschmutzungstoleranten Arten zu einer artenreicheren Fauna mit Organismen, die höhere Ansprüche an die Wasserqualität stellen. Dabei kam es zu einer verstärkten Einwanderung von Organismen aus fremden Faunengebieten. Die Bedeutung solcher Invasoren für das Ökosystem Elbe ist ein spannendes zukünftiges Forschungsgebiet. ■

Die Verbesserung der Wasserqualität der Elbe in den vergangenen Jahren ist hinreichend dokumentiert. Beim Phosphor wurde die Vorgabe der Internationalen Nordseeschutzkonferenz, die Nährstoffeinträge von 1985 bis 1995 um 50% zu senken, erreicht, beim Stickstoff hingegen nicht. Um die Effekte weiterer Lastsenkungsmaßnahmen bewerten zu können, müssen die Zusammenhänge zwischen Planktonentwicklung, Licht- und Strömungsverhältnissen und den unterschiedlichen Nährstoffkonzentrationen gründlich erforscht werden. Die Arbeitsgruppe von Dr. Helmut Guhr, Abteilungsleiter in der UFZ-Sektion Gewässerforschung in Magdeburg, misst seit vielen Jahren die Nährstoff- und Biomassedynamik der Elbe von der Tschechischen Grenze bis Neu Darchau im nordöstlichen Niedersachsen.

Wie sauber ist die Elbe

zehn Jahre nach der Wende?

Foto: M. Scholz

Foto: UFZ

Anstelle der früheren organischen Primärverschmutzung sind jetzt Sekundärbelastungen durch Algenbiomasse getreten.

Foto: M. Scholz

Seit einigen Jahren führen die UFZ-Wissenschaftler Längsschnittbereisungen mit dem Forschungsschiff ALBIS durch, um Nährstoffe, organische Belastungen, Schwebstoffe und das Chlorophyll zu messen. Die Fahrten beginnen jedes Jahr genau zu dem Zeitpunkt, wo die Kollegen vom Wasserforschungs-Institut VUV Praha auf tschechischer Seite die Grenze erreichen. Bei Schmilka werden Vergleichsproben genommen und dann erfolgt quasi eine Staffelübergabe, wodurch eine homogene Messreihe im Flusslängsschnitt entsteht. Von hier aus schwimmt die ALBIS auf einer Länge von 536 Kilometern mit dem Strom; es erfolgt eine „transportzeitgerechte“ Probenahme. Ergänzende Beprobungen finden in kurzen Abständen am linken Elbeufer in Magdeburg statt.

Die im Rahmen dieser Untersuchungen bestimmten Stofffrachten spiegeln die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen zur Umweltentlastung wider und zeigen dabei auch die Rolle der Elbe-Nebenflüsse. Die Belastung mit organischem Kohlenstoff hat unmittelbar nach der Wende stark nachgelassen, weil Zellstofffabriken bei Dresden und an der Mulde stillgelegt wurden. Die Ammonium-Konzentration im Fluss ist seit Mitte 1990 rückläufig. Hier zeigen die Stilllegung überalterter Düngemittelbetriebe, die rückläufige Viehhaltung, der Kläranlagenbau und die im Fluss selber einsetzende Stickstoff-Oxidation Wirkung. Letzteres führt in Verbindung mit einer verminderten Denitrifikation zu einem leichten Anstieg der Nitrat-Belastung. Die Phosphat-Fracht hat seit der Wende um 71% abgenommen.

Das Phytoplankton – im Wesentlichen bestehend aus Kiesel-, Grün- und Blaualgen – ist jedoch unbeeinflusst geblieben. Durch den Bau von kommunalen und industriellen Kläranlagen bleibt die Trübung und Braunfärbung des Elbewassers heute aus, was das Algenwachstum im Frühjahr begünstigt. Obwohl die Stickstoff- und Phosphor-Konzentrationen in der Vergangenheit deutlich zurückgegangen sind, wirken die Nährstoffe noch nicht limitierend für die Phytoplanktonentwicklung. Zuchtversuche haben gezeigt, dass selbst in den Phasen starken Wachstums ausreichend Phosphat und Silikat im Elbewasser sind. Damit sind an die Stelle der früheren organischen Primärverschmutzung nun Sekundärbelastungen durch die Algenbiomasse getreten. Insbesondere im Unterlauf der Elbe können Atmung und Abbau der Algen zu kritischen Sauerstoffverhältnissen führen, die den Fischbestand gefährden.

Anders als am Rhein, an dessen Nährstofffracht die Nebenflüsse Neckar, Main und Mosel bis zu 50% beteiligt sind, ist der Einfluss der Elbenebenflüsse mit 10-19% eher gering. Mulde, Saale und Havel haben hinsichtlich der meisten Nährstoffe eher eine verdünnende Wirkung. Einzig in Bezug auf die Versalzung der Elbe spielt die Saale eine wichtige Rolle mit hohen Salzfrachten aus dem Kalibergbau und der Salzindustrie bei Bernburg. Die Havel, die auf ihrem Weg zur Elbe mehrere Seen durchfließt, bringt viele Blaualgen, also eine hohe Konzentration organischen Kohlenstoffs, mit sich. Die Einmischung der Nebenflüsse erfolgt in der Elbe sehr langsam. Erst 100 Kilometer stromabwärts ist das Saale-Wasser vollständig eingemischt.

Die Untersuchungen der UFZ-Wissenschaftler haben deutlich gemacht, dass die bloße Betrachtung von Jahresmittelwerten und Jahresfrachten nicht ausreicht, um Aussagen zu den Auswirkungen wirtschaftlicher, abwassertechnischer und gesetzgeberischer Maßnahmen zu treffen. Die Wasserführung und damit die Stoffkonzentrationen in der Elbe schwanken sehr stark, was eine differenzierte Betrachtung notwendig macht. Insbesondere Hochwasserereignisse haben überproportionalen Anteil an der Sedimentremobilisierung und der Ablagerung von Nährstoffen in höher gelegenen Auebereichen.

Das Fazit von Dr. Guhr: „Derzeit wird die Stromelbe hinsichtlich Phosphor und Stickstoff in die Gewässergüteklasse II/III eingestuft. Das entspricht im Mittel einer Gesamtstickstoff-Konzentration von ≤ 6 mg/l und ≤ 0,3 mg/l Gesamtphosphor. Die 1990 von der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) gesteckten Ziele sind also in einigen Strombereichen noch nicht erreicht. Es bedarf zusätzlicher Anstrengungen, um die Trinkwassernutzung und die landwirtschaftliche Nutzung des Wassers zu ermöglichen, um ein möglichst naturnahes Ökosystem mit einer gesunden Artenvielfalt zu erreichen und um die Belastung der Nordsee aus dem Elbeeinzugsgebiet nachhaltig zu verringern.“

Das Nahziel sehen die Gewässerforscher in der Erreichung der Güteklasse II. Das Problem dabei: Bei der Sanierung punktförmiger Einleitungen sind in den letzten Jahren zwar gute Fortschritte gemacht worden. Die diffusen Einträge aus der Landwirtschaft hingegen, die im deutschen Teil der Elbe jetzt 64,5% beim Phosphor und 72% beim Stickstoff ausmachen, sind nur langfristig zu steuern. Es wird einige Zeit dauern, bis sich der Rückgang des N- und P-Überschusses auf den Landwirtschaftsflächen in Ostdeutschland in den Gewässern bemerkbar macht. ■

(http://www.ufz.de/spb/wasser/)

Interview

mit Dr. Martin Socher, Abteilungsleiter Wasser im Staatlichen Umweltfachamt Leipzig

FRAGE: *Herr Dr. Socher, derzeit wird eine Wasserrahmenrichtlinie für EU-Gewässer vorbereitet. Welche Auswirkungen wird diese Richtlinie auf die Arbeit Ihres Amtes haben?*

DR. SOCHER: Wir sind als Behörde dafür zuständig, den Überblick über den Wasserhaushalt in der Region zu behalten. Wir müssen in der Lage sein, basierend auf aktuellen wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen, auch komplexe Fragen zum Wasserhaushalt relativ schnell beantworten zu können. Das ist insbesondere deshalb von Bedeutung, weil mit der Einführung der Wasserrahmenrichtlinie auch völlig neue Aufgaben für die Fachbehörden zu erwarten sind. Die Wasserrahmenrichtlinie ist ein Projekt der Europäischen Union zur Einführung eines umfassenden und modernen Rahmens für die Wasserpolitik in den Ländern der Gemeinschaft. Dabei spielt vor allen Dingen der Grundgedanke eine Rolle, dass die Gewässer in ihrer Gesamtheit bewertet werden. Beginnend bei den hydromorphologischen Daten über die Beschreibung des chemischen und des biologischen Zustands wird ein Bild des Gesamtzustandes abgeleitet, das die ökologische Güte eines Gewässers beschreibt und vergleichend darstellt. Wichtig ist, dass dadurch der Überblick über den ökologischen Zustand der Gewässer der Gemeinschaft möglich wird.

Ein weiteres Ziel der Wasserrahmenrichtlinie besteht darin, basierend auf den Kenntnissen über die Struktur der Gewässer in einem Einzugsgebiet ein Flussgebietsmanagement zu entwickeln, mit dem man in der Lage ist, die Gewässernutzung abgestimmt zwischen den Ansprüchen der Gewässerbenutzer und den ökologischen Kriterien zur Aufrechterhaltung oder Verbesserung der ökologischen Qualität zusammenzubringen. Darin liegt, kurz gesagt, der Sinn und Zweck eines Flusseinzugsgebietsmanagements.

In einem weiteren Schritt erfolgt dann die Ableitung von Maßnahmeprogrammen auf nationaler Ebene – runtergebrochen in Deutschland auf die Bundesländer – wie das für die Konstruktion solcher Richtlinien typisch ist.

Die Wasserrahmenrichtlinie ist im Moment im Vermittlungsverfahren und soll Ende des Jahres 2000 durch Rat und Parlament endgültig verabschiedet werden.

FRAGE: *Was wird die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie konkret für die Elbe bedeuten?*

DR. SOCHER: Die Elbe hat ihr Einzugsgebiet in Deutschland, der Tschechischen Republik und der Polnischen Republik. In Deutschland haben sich die Bundesländer im Einzugsgebiet der Elbe in der Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Elbe mit Sitz in Hamburg zusammengefunden, um die Elbe in einem wasserwirtschaftlichen Gesamtzusammenhang betrachten zu können. Parallel dazu sind auch die Aktivitäten der IKSE, der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe, zu nennen, die sowohl in einem einzelstaatlichen als auch einem gesamtwasserwirtschaftlichen Zusammenhang zu sehen sind.

WISSENSWERTES

EU WASSERRAHMEN-RICHTLINIE

Bis Ende 2000 soll in den EU-Mitgliedsstaaten eine Richtlinie mit folgenden Zielen verabschiedet werden: Alle EU Oberflächen- und Grundwässer sollen binnen 10 Jahren einen guten Zustand erreichen. Es darf keine Verschlechterung der Güte und des ökologischen Zustandes geben, bzw. sind verschmutzte Gewässer zu sanieren. Zum langfristigen Schutz der vorhandenen Ressourcen muss ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und –neubildung entstehen. Alle Normen und Ziele für Schutzgebiete müssen bis Dezember 2010 erfüllt sein.

Zu den Maßnahmen zählen die Erhebung kostendeckender Gebühren, die generelle Genehmigungspflicht für Wasserentnahmen und das Verbot der direkten Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser.

Für den Freistaat Sachsen ist die Elbe das Leitgewässer. Wir haben die komfortable Situation, dass die Elbe in unserem Gebiet nicht verbaut ist und einen weitgehend unregulierten und naturnahen Zustand hat. Das spielt eine sehr große Rolle bei wasserwirtschaftlichen Planungen zum Hochwasserschutz, aber auch hinsichtlich von Maßnahmen zur Reinhaltung der Elbe. Für uns ist die Elbe insbesondere ein Thema des Hochwasserschutzes, so z.B. des Freihaltens von Retentionsflächen und der Entwicklung von Hochwasserschutzmaßnahmen, die weitgehend auf die natürlichen Retentionseigenschaften der Elbaue setzen. Durch konsequente Analyse des Deichsystems gewährleisten wir ein hohes Schutzniveau für die Anlieger.

Einzugsgebietsmanagement bedeutet also mehr, als nur das Gewässer als solches zu betrachten. Das Einzugsgebiet der Elbe betrifft den Gesamtbereich aller hydrologisch zufließenden Gewässer. Das sind hier in unserem Regierungsbezirk bedeutsame Gewässer, wie die Mulde und die Weiße Elster.

Für uns ist es wichtig, die im Elbeeinzugsgebiet auftretenden Gewässerbelastungen und die damit verbundenen Veränderungen der Gewässergüte frühzeitig zu erkennen, um dann wasserwirtschaftlich notwendige Maßnahmen ableiten zu können. Ich sehe es als eine Hauptaufgabe der Abteilung Wasser im Staatlichen Umweltfachamt an, sehr langfristig die Struktur, die Güte und die Nutzungseigenschaften der Gewässer zu analysieren, um darauf aufbauend ihre Nutzungsmöglichkeiten abzuschätzen.

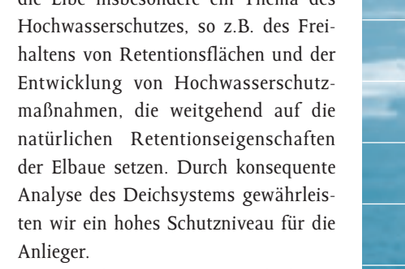


Foto: B. Karrasch

Foto: M. Scholz

Die Elbe, das Leitgewässer im Freistaat Sachsen, ist in unserem Gebiet in weitgehend unreguliertem und naturnahem Zustand.

Dabei spielen die Maßnahmen zur Abwasserbehandlung eine wesentliche Rolle. Die Kläranlage im Leipziger Rosental mit einem Ausbaugrad von über 500.000 Einwohnerwerten wird

Das Einzugsgebiet der Elbe

Größe des Einzugsgebietes der Elbe		
Insgesamt	**148.268 km²**	
davon in den Ländern:		
BR Deutschland	96.932 km²	(65,38%)
Tschechische Rep.	50.176 km²	(33,84%)
Österreich	920 km²	(0,62%)
Polen	240 km²	(0,16%)
Länge der Elbe		
Tschechische Rep.	364,52 km*	
BR Deutschland	726,95 km*	
Summe	1.091,47 km	

*bezogen auf die Staatsgrenze D/ČR am linken Ufer

Quelle: IKSE

derzeit nach den Vorgaben der europäischen Richtlinien umgebaut. Nach der Fertigstellung wird sich die Beschaffenheit des Unterlaufs der Weißen Elster und der Luppe massiv verbessern, was wesentlichen Einfluss auf die Wasserqualität in der Saale haben wird. Auch hier zeigt sich die Wichtigkeit des Denkens und Handelns im Gesamtzusammenhang: Alles das, was wir hier machen, ist mit den Unterliegern gekoppelt und betrifft das gesamte Einzugsgebiet.

FRAGE: *Wie bewerten Sie derzeit die behördliche Handhabe zur Kontrolle von Schadstoffeinleitungen in unsere Flüsse?*

DR. SOCHER: Der Freistaat Sachsen betreibt ein sehr umfangreiches Messnetz, in dessen Rahmen die Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Gewässergütedaten erhebt. Bei diesen Messungen werden alle relevanten Schadstoffe von den CKWs bis hin zu Pflanzenschutzmitteln und Schwermetallen routinemäßig erfasst und uns kontinuierlich zugearbeitet, so dass wir identifizieren können, aus welchen punktuellen oder diffusen Quellen diese Schadstoffe stammen.

Behördliche Überwachung ist notwendig, selbst dort, wo man davon ausgehen muss, dass durch die Einhaltung des Standes der Technik in den Abwasserbehandlungsanlagen und in den Produktionsverfahren eigentlich keine Gewässerbelastungen mehr möglich sein dürften. Auch dort finden wir noch schwarze Schafe, die durch nicht genehmigte Einleitungen leichtfertig das zum Kippen bringen können, was andere mit viel Geld, Aufwand und ökologischem Enthusiasmus geschaffen haben. Insofern ist unsere Überwachungstätigkeit unverzichtbar und kann sogar dahin führen, dass bestimmte Gewässerbenutzungen zum Fall für den Umweltstaatsanwalt werden. Durch die modernen Analysemethoden kann man heutzutage sehr effektiv Schadstoffe nachweisen und auch kurzfristig auf neue Themenstellungen reagieren, wie z.B. beim Tributylzinn.

Foto: B. Karrasch

Durch moderne Analysemethoden sind heute Schadstoffe sehr effektiv nachweisbar.

FRAGE: *Wo sehen sie zukünftigen Forschungsbedarf?*

DR. SOCHER: Wir sind als Wasserfachleute sehr froh, dass wir nicht nur die räumliche, sondern auch die fachliche Nähe zum UFZ haben. Wir profitieren gegenseitig von unseren Arbeiten, die sich sehr konkret mit aktuellen Gewässerbenutzungen auseinander setzen müssen. Eine wichtige Schnittstelle und Kooperationsmöglichkeit ist die wissenschaftliche Vorlaufforschung vom Sanierungsbereich über die Flussökologie bis hin zum Grundwasser. In diesen drei Fachgebieten und zukünftig bei den Fragen der Sozioökonomie und der integralen Bewertung der Gewässerbenutzung, also des Flusseinzugsgebietsmanagements, werden wir gemeinsam arbeiten. Dabei sollte sich das UFZ besonders den wissenschaftlich-methodischen Fragen widmen, um uns die Anwendung neuer methodischer Handwerkszeuge in der ganz konkreten Planung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zu ermöglichen. Wichtig ist dabei, dass wir unsere Daten weiter kompatibilisieren, damit wir sie noch besser austauschen und gegenseitig nutzen können. Schließlich wünsche ich mir, dass das UFZ – als eine national und international agierende Einrichtung – auch die Aufgaben im Auge behält, die im Freistaat von Bedeutung sind.

Das Großeinzugsgebiet der Elbe beinhaltet auch das mitteldeutsche Bergbaugebiet, hier sind wir in der Lage, gemeinsam wissenschaftliches Neuland zu betreten. Nicht mehr so sehr in Fragen der Umweltbelastung, sondern in der Gestaltung und in der Beherrschung der Methoden und Maßnahmen zum Herstellen eines guten ökologischen Potenzials der künstlich erzeugten Gewässer.

FRAGE: *Was ist Ihre persönliche Vision von der Zukunft der Elbe?*

DR. SOCHER: Ich sehe die Elbe als ein europäisches Leitgewässer, an dem gezeigt werden kann, wie ein Flusssystem aussieht, dass eine hohe ökologische Qualität hat und welches die Völker verbindet, die in seinem Einzugsgebiet liegen. Ich denke, die Elbe wird in den nächsten Jahren noch weitere Verbesserungen erfahren, auch durch die Wirkung der Wasserrahmenrichtlinie. Mein Wunsch ist – und da gibt es weitestgehend Konsens in den Fachkreisen –, dass die Elbe in ihrem Ober- und Mittellauf ihren überwiegend naturnahen Charakter behalten kann. Ich denke, dass man mit subtiler Planung in der Lage sein wird, die Elbe naturnah zu belassen und trotzdem einen Schiffsverkehr, der ja auch ökologisch vernünftig ist, zu ermöglichen. ■

WISSENSWERTES

Das Programm Elbelachs 2000

1935 war der letzte aufsteigende Lachs (Salmo salar) in Sachsen gefangen worden. 1994 initiierte die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft ein Programm zur Wiederansiedlung des Lachses in der Elbe und ihren Nebenflüssen. Im Herbst 1999 konnten am Rathmannsdorfer Wehr, nahe Bad Schandau an der Grenze zu Tschechien, 76 Fische registriert werden. Sie waren nach langer Wanderung durch die Nordsee bis nach Grönland in ihre Heimatgewässer zurückgekehrt. Erstmalig wurden die Heimkehrer zur Nachzucht genutzt. Fachleute entnahmen Sperma und Eier, aus denen 80.000 Jungtiere entstehen, die zusätzlich zu den jährlich aus 400.000 Import-Eiern gezogenen Fischen ausgesetzt werden. Der Freistaat Sachsen gibt für dieses Wiedereinbürgerungsprogramm jährlich rund 100.000 DM aus.

Vom Dünger zur Gewässereutrophierung

Foto: WOHLFAHRT

Foto: WOHLFAHRT

Flüsse und Seen in Deutschland sind in den vergangenen Jahren kontinuierlich sauberer geworden. Ihre Belastung mit Schadstoffen hat durch den Bau von Kläranlagen, die Benutzung phosphatfreier Waschmittel und in Ostdeutschland insbesondere durch den drastischen Zusammenbruch vieler wasserverbrauchender und -belastender Industriebetriebe deutlich abgenommen. Noch immer hoch sind diffuse Stoffeinträge in Flusssysteme aus der Landwirtschaft. Wissenschaftler aus dem UFZ suchen nach den Ursachen und arbeiten Gegenmaßnahmen aus.

Sauberes Oberflächenwasser wird vielfältig als Brauchwasser genutzt und hat damit abgesehen von ökologischen Aspekten auch große wirtschaftliche Bedeutung. Mit breit angelegten Forschungsprogrammen haben das Bundesforschungsministerium und das Umweltbundesamt in den letzten 10 Jahren zum aktiven Gewässerschutz beigetragen. Im Vordergrund standen die Fragen nach den Ursachen der noch verbliebenen Gewässerverschmutzung und der Lokalisierung der Quellen.

UFZ-Wissenschaftler sind in diese Forschungen einbezogen. Prof. Rudolf Krönert und seine Mitarbeiter aus der Sektion Angewandte Landschaftsökologie untersuchen den Stickstoff- und Phosphor-Austrag von landwirtschaftlichen Nutzflächen im Elbegebiet, um damit Grundlagen für nachhaltige Landnutzungskonzepte zu schaffen. Ihr Untersuchungsgebiet ist die fruchtbare und intensiv landwirtschaftlich genutzte Lössregion der Magdeburger Börde, des nördlichen und östlichen Harzvorlandes, des inneren Thüringer Beckens und der sächsischen Gefildezone vom Leipziger Land über die Lommatzer Pflege bei Meißen bis nach Bautzen.

In Abgrenzung zu punktuellen Flusseinträgen aus Kläranlagen und der Kanalisation sprechen die Wissenschaftler von diffusen Stoffeinträgen, wenn Nitrat und Phosphat von den Landwirtschaftsflächen auf breiter Front in die Flusssysteme gelangen. Die diffusen Einträge werden auch auf absehbare Zeit nicht wesentlich unter das jetzt erreichte Niveau fallen, weil die Landwirte nur durch Düngung ausreichend hohe Erträge erzielen, um mit ihren Betrieben im internationalen Wettbewerb überleben zu können. Nach 100 kg in den achtziger Jahren beträgt der jährliche Stickstoffbilanzüberschuss

pro Hektar heute noch ca. 60 kg. Prof. Krönert weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass in den Stickstoffbilanzen noch immer der Eintrag aus der Atmosphäre mit dem Regenwasser unterschätzt wird. In Mitteldeutschland gelangen so 50 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr auf die Flächen; in einigen Regionen ist es sogar mehr. Wesentliche Herkunftsquellen für diese Zusatzdüngung aus der Luft sind der Kraftfahrzeugverkehr und die Industrie.

Nimmt man die diffusen Nährstoffeinträge genauer unter die Lupe, so wird deutlich, dass ein Großteil des Phosphors in den Elbenebenflüssen Saale und Mulde über Bodenerosion dorthin gelangt. Erosionsgefährdet sind vor allem die Böden im Lösshügelland des Saale- und Muldegebietes mit Niederschlägen über 600 mm im Jahr. Auch der Stickstoffeintrag in Saale und Mulde kommt zu etwa 60% aus diffusen Quellen, davon wiederum 2/3 über das Grundwasser und 1/3 über Dränagen. Dräniert werden vor allem staunasse Lössböden mit Jahresniederschlägen von mehr als 650 mm, wie sie z.B. südlich von Altenburg und Döbeln und auf den sandlössüberlagerten Grundmoränenplatten des Leipziger Landes vorkommen. Hier wird in den Winter- und Frühjahrsmonaten der mineralische Stickstoff ausgetragen, der nach der Ernte im Herbst im Boden verblieben ist. Die Dränage staunasser Böden ist aus landwirtschaftlicher Sicht aber unverzichtbar, weil diese Böden sonst im Frühjahr zu spät abtrocknen würden. Ganz anders ist die Situation im Havelgebiet, wo der Stickstoffaustrag pro Flächeneinheit nur etwa halb so hoch ist und wo auch die Bodenerosion eine weit geringere Rolle spielt.

So wie sich die Nährstoffausträge für die größeren Flussgebiete Saale, Mulde und Havel deutlich unterscheiden, ist der Nährstoffaustrag innerhalb der Flussgebiete bis in die kleinsten Teileinzugsgebiete hinein außerordentlich differenziert. Das hängt von den Boden- und Gesteinsverhältnissen, vom Klima, insbesondere dem Niederschlag, der Landnutzung in Gegenwart und Vergangenheit sowie vom Relief ab. Einen Teil Ihres Auftrags sehen die UFZ-Wissenschaftler darin, diese regional differenzierten Austräge von Nährstoffen weiter aufzuklären, um gezielte Maßnahmen zu ihrer Reduzierung vorzuschlagen. Die Untersuchungen werden auf unterschiedlichen Maßstabsebenen durchgeführt, z.B. für das Land Sachsen-Anhalt gesamt, für den Regierungsbezirk Dessau, das Einzugsgebiet der mittleren Mulde, der Parthe, einzelne Agrarbetriebe, einzelne Ackerschläge bis herab zur Verwendung von Daten von landwirtschaftlichen Versuchsflächen und Messungen in Lysimetern.

Diese Lysimeter sind 3 m tiefe, natürliche Bodenkörper in Stahlzylindern mit 1 m Durchmesser, die auf Waagen stehen. Solche Lysimeter werden z.B. von der staatlichen Umweltbetriebsgesellschaft des Freistaates Sachsen in Brandis bei Leipzig betrieben. Die Böden in den Zylindern werden in einer festgelegten Fruchtfolge bewirtschaftet und gedüngt. Das Sickerwasser wird aufgefangen und u.a. auf Nährstoffe analysiert.

Soweit als möglich werden die eigenen Messungen durch Daten von Bundes- und Landesämtern sowie staatlichen Umweltfachämtern ergänzt. Die Methoden reichen von einfachen Bewertungsverfahren zur Feststellung, welche Flächen besonders am Austrag von Nährstoffen beteiligt sind, über Modellrechnungen mit langjährigen Mittelwerten bis zu Berechnungen für langjährige Reihen mit Tageswerten. Die Aussagen sind unterschiedlich genau. Mit den Berechnungen für kleinste Flächen und Punkte lernen die Wissenschaftler die sehr komplexen Prozesse des Gebietswasser- und Stoffhaushaltes besser verstehen und auf größere Flächen zu extrapolieren.

Bei den Detailuntersuchungen im Regierungsbezirk Dessau wurden diejenigen Flächen identifiziert, die den stärksten Nährstoffaustrag aufweisen. Flächen mit vertikalem Stoffaustrag sind solche, in denen vor allem Nitrat mit dem Wasser durch die sandigen Böden in das Grundwasser sickern kann. Das ist in Trinkwasserschutzgebieten äußerst unerwünscht, aber auch generell, weil mit Nitrat verunreinigtes Grundwasser schließlich in die Flüsse gelangt. Dort übrigens, wo die Auen noch intakt sind, nimmt ihre Vegetation einen Teil des Nitrats aus dem Grundwasser auf, bevor es in die Flüsse gelangen kann. Auf Flächen mit lateralem Stoffaustrag dominiert die Gefahr der Bodenerosion; sie sind mögliche Austragsflächen für Phosphat.

Foto: R. Feldmann

Zur Entlastung der Gewässer muss weit besser als bisher standort- und fruchtartenangepasst gedüngt werden.

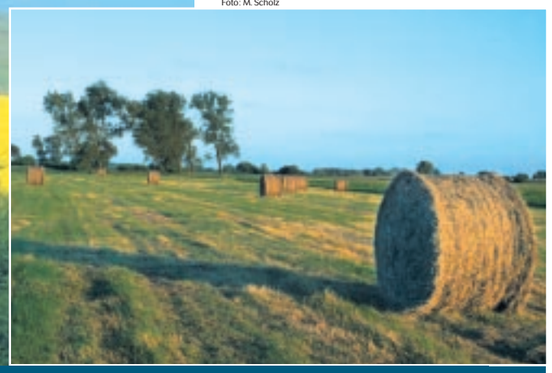
Foto: R. Feldmann

Foto: M. Scholz

Bei gleicher Düngeintensität wächst die Gefahr des Austrages mit dem Anstieg des mittleren Jahresniederschlages. Während im trockenen Schwarzerdegebiet der Querfurter Platte nur ungefähr 5 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr aus dem Boden mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden, sind es im Parthegebiet östlich Leipzigs bereits 50 kg pro Hektar, obwohl der Niederschlag nur um ca. 150 mm im Jahr höher ist.

Als Faustregel zur Verminderung des Stickstoffaustrags in die Gewässer gilt, dass der Stickstoffbilanzüberschuss pro Hektar und Jahr kleiner als 50 kg sein muss, auf leichten Böden nur 20-40 kg. Diese Maßgabe präzisieren die UFZ-Wissenschaftler, indem sie auf die unterschiedlichen Standortbedingungen eingehen. Um den Austrag von Stickstoff im Frühjahr zu minimieren, sollte der mineralische Stickstoffgehalt im Herbst auf leichten sandigen Böden 35 kg pro Hektar nicht überschreiten. Auf fruchtbaren Löss-Schwarzerdeböden darf er dagegen 135 kg betragen. Diese Werte wurden für Sachsen-Anhalt ermittelt.

Foto: M. Scholz



Durch Industrie- und Kfz-Abgase gelangen 50 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr auf die Böden in Mitteldeutschland.

Im benachbarten Sachsen zeigt der mineralische Stickstoffgehalt im Herbst in den letzten Jahren eine deutlich abnehmende Tendenz. Auf abgeernteten Hackfruchtflächen ist er hier aber immer noch zu hoch. Die schlagbezogenen Analysen der Stickstoffdynamik und -auswaschung zeigen nach wie vor große Unterschiede in der Bilanz, im mineralischen Stickstoffgehalt im Herbst und in der Auswaschung von Schlag zu Schlag. Um langfristig – gemeint ist in 15 bis 20 Jahren – das Problem des Stickstoffaustrages über die Flüsse in die Nord- und Ostsee zu lösen, muss bei weiter abnehmender Stickstoffdüngung weit besser als bisher standort- und fruchtartenangepasst gedüngt werden. Dabei müssen die Stickstoffeinträge mit dem Regenwasser über den Luftpfad und die Stickstoffbindung durch Hülsenfrüchte genauer als bisher kalkuliert werden. Um die Phosphoreinträge in die Gewässer zu vermindern, muss die Bodenerosion durch Niederschläge bekämpft werden. Durch eine Verkürzung der Schlaglängen wäre schon viel zu erreichen. Breite Uferrandstreifen mit Wiesen oder Weiden bzw. Wald an gefährdeten Eintrittspfaden an offenen Gewässern für abgespültes Bodenmaterial würden die Erosion zwar nicht mindern, das Bodenmaterial aber in der Landschaft zurückhalten. Stark erosionsmindernd wirkt sich die pfluglose, sogenannte konservierende Bodenbearbeitung aus. Hierbei wird der Boden nur gelockert, Pflanzen- und Bodenreste bleiben nahe der Bodenoberfläche und halten nach der Ernte den Boden bei Starkregen oder der Schneeschmelze fest. Inwieweit sich diese revolutionäre Bodenbewirtschaftung, die in Sachsen finanziell gefördert wird, durchsetzt, wird die Zukunft zeigen. ■

Foto: R. Pfeifer

(H. Horsch, F. Wätzold)

Ökologisch-ökonomische Modelle helfen zu erkennen, wie Fördermittel mit größtmöglichem Nutzen für den Artenschutz eingesetzt werden können.

Storchschutz kontra Kiesabbau?

Umweltökonomen suchen Kompromisse

Der Torgauer Raum, nordöstlich von Leipzig an der Elbe gelegen, weist eine reichhaltige Naturraumausstattung auf. Die Hälfte des fast 700 km² großen Gebietes ist als Natur- und Landschaftsschutzgebiet ausgewiesen; ein Drittel der Fläche ist Trinkwasserschutzgebiet. Gleichzeitig handelt es sich um einen strukturschwachen, ländlich geprägten Raum, in dem die Agrarwirtschaft dominiert. Konflikte treten dort auf, wo die ökonomischen Interessen der Landnutzung mit denen des Biotop- und Artenschutzes oder des Trinkwasserschutzes kollidieren.

Die rein ertragsorientierte Bewirtschaftung von Grünland im Auenbereich sieht in der Regel anders aus als die wünschenswerte Nutzungsform aus Sicht des Naturschutzes. Der Weißstorch, dessen Bestandszahlen in Deutschland kontinuierlich zurückgehen und der im Raum Torgau noch vergleichsweise häufig anzutreffen ist, ist auf die sogenannte Staffelmahd angewiesen. Die Altstörche benötigen während des Sommers wöchentlich im Umkreis von fünf Kilometern um den Horst frisch gemähte Wiesen, um ausreichend Mäuse, Regenwürmer und Frösche zu finden. Nur dann sind optimale Überlebensbedingungen für die Jungstörche gegeben, so das Ergebnis einer ökologischen Modellierungsarbeit von Dr. Karin Johst aus der UFZ-Sektion Ökosystemanalyse.

Aus Sicht der Landwirte wiederum ist die Staffelmahd ungünstig, weil der Eiweißgehalt des Mahdgutes sinkt. Staatliche Ausgleichszahlungen können diesen Nachteil kompensieren und schaffen somit einen Anreiz, diese für den Artenschutz notwendige Art der Bewirtschaftung beizubehalten.

Die schon genannte ökologische Modellierung wurde von Wissenschaftlern der UFZ-Sektion Ökonomische und Soziologische Umweltforschung (ÖKUS) um eine Kostenfunktion erweitert, so dass ein ökologisch-ökonomisches Modell entstanden ist. Aufgabe dieses Modells ist es herauszufinden, wie die begrenzten Fördermittel mit größtmöglichem Nutzen für den Weißstorchschutz im Torgauer Raum eingesetzt werden können. Verschiedene Varianten werden derzeit vergleichend getestet: Sollen die Mittel eingesetzt werden, um die Staffelmahd an so vielen Horstplätzen wie möglich – beispielsweise der Hälfte – zu finanzieren? Oder ist es alternativ besser, an allen Horstplätzen frisch gemähte Wiesen, dafür aber in einem größeren zeitlichen Abstand als einer Woche bereitzustellen? Um diese beiden Schutzstrategien miteinander vergleichen zu können, muss ermittelt werden, wie hoch die Ausgleichszahlungen insgesamt sein können und wie weit sich die Mahdabstände über diese Zahlungen reduzieren lassen. Unter anderem wurde hierzu von den Umweltökonomen eine Befragung unter Torgauer Landwirten durchgeführt, die derzeit ausgewertet wird und deren Ergebnisse dann ebenfalls in das Modell einfließen werden.

Auch in anderen Bereichen treten im Torgauer Raum Nutzungskonflikte auf, die eine Herausforderung für die Umweltökonomen aus dem UFZ darstellen: Die Wasserwerke benötigen Rohwasser möglichst in Trinkwasserqualität, was durch die Ausweisung von Wasserschutzgebieten gesichert wird. Oftmals sind damit aber Einschränkungen für die Siedlungsentwicklung, die Gewerbeansiedlung, die intensive Landbewirtschaftung und den Kiesabbau verbunden.

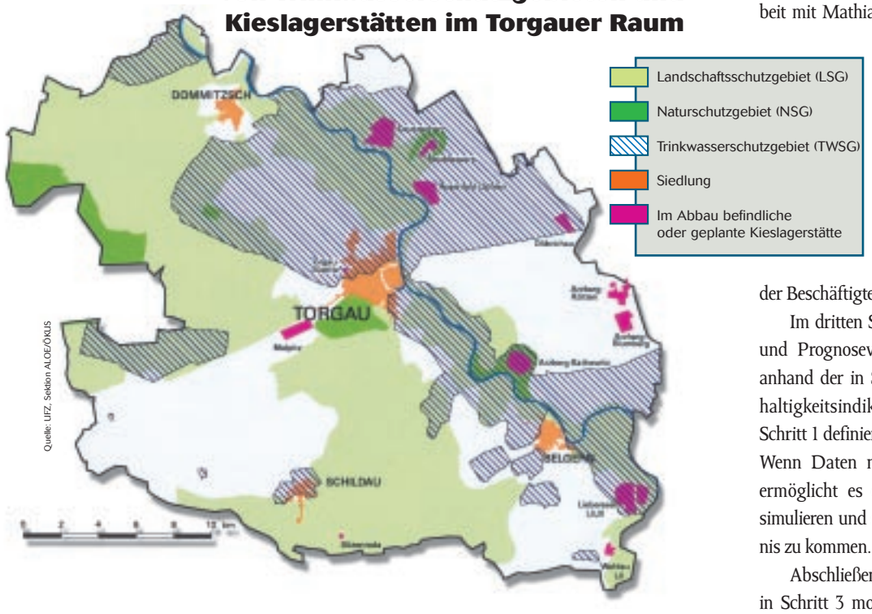
WISSENSWERTES

Störche live im Internet

Winfried Böhmer aus Vetschau/Spreewald hatte 1997 die Idee, an einem nahen Storchennest eine Videokamera zu montieren, um den Verlauf der Brut und das Heranwachsen der Jungstörche verfolgen zu können. Gemeinsam mit dem Naturschutzbund Deutschland und dem Energieversorger envia wurde das Vorhaben realisiert. Die Bilder wurden in das Weißstorch-Informationszentrum Vetschau übertragen und können neuerdings auch im Internet angeschaut werden.

http://www.storchennest.de

Landnutzungskonflikte durch Überlagerung von Trinkwasserschutzgebieten und Kieslagerstätten im Torgauer Raum



Damit stellen sich folgende miteinander verbundene Forschungsfragen: Welche Handlungsalternativen sind für die bestehenden Nutzungskonflikte gegeben und wie sind sie zu bewerten? Mit welchen Strategien bzw. umweltpolitischen Maßnahmen lassen sich die Interessen des Naturressourcenschutzes und der wirtschaftlichen Entwicklung möglichst weitgehend miteinander vereinbaren?

Die Antworten soll ein integriertes Bewertungsverfahren liefern, das sich auf die Suche nach Handlungsalternativen im Konflikt zwischen Grundwasserschutz und dem Kiesabbau am Beispiel des Torgauer Raums konzentriert. Als Ergebnis streben die UFZ-Wissenschaftler eine Entscheidungshilfe für das regionale Ressourcenmanagement an, die später auch auf andere Problembereiche mit konkurrierenden Landnutzungen und für unterschiedliche räumliche Ebenen angewendet werden kann. Das Verfahren umfasst folgende vier Bewertungsschritte:

Zunächst werden die für das Untersuchungsgebiet in Frage kommenden Handlungsalternativen ausgewertet. Im Hinblick auf den Konflikt im Torgauer Raum sind das a) der Erhalt oder b) die Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete sowie a) die Zulassung oder b) Nicht-Zulassung weiterer Kiesabbaustätten. Auf Grund der langen Betriebsdauer von Wasserwerks- und Kiesabbauanlagen werden die Auswirkungen dieser Handlungsalternativen für einen Zeitraum von ca. 30 Jahren betrachtet. Für die Erstellung der Szenarien sind neben den Handlungsalternativen auch Entwicklungsbedingungen zu berücksichtigen, die Einfluss auf die künftige Regionalentwicklung haben. Für die oben genannten Handlungsalternativen sind z.B. die Entwicklung des sächsischen Bruttoinlandsproduktes, die externe Nachfrage nach Fernwasser und die Kiesproduktion pro Einheit Bruttoinlandsprodukt von Bedeutung. Die Berücksichtigung der Entwicklung dieser Größen ist maßgebend für die weitere Ausgestaltung der Szenarien. So sind beispielsweise die Annahmen zur Entwicklung der Siedlungsflächen oder Kiesabbauflächen, die wiederum einen Einfluss auf die Grundwasserneubildung haben, in Abhängigkeit vom Zuwachs des sächsischen Bruttoinlandsproduktes zu treffen.

In einem zweiten Schritt werden Indikatoren festgelegt, mit denen die Auswirkungen der verschiedenen Handlungsalternativen gemessen werden können. Die UFZ-Wissenschaftler berücksichtigen dabei besonders den Aspekt der Nachhaltigkeit, weshalb ökologische und sozioökonomische Indikatoren im Vordergrund stehen. Wichtige, für den Torgauer Raum problemspezifische ökologische Indikatoren sind z.B. das Verhältnis Grundwasserneubildung zu -entnahme, die Nitratkonzentration im Grundwasser und die Auswirkungen des Kiesabbaus auf Flora und Fauna. Im letztgenannten Fachgebiet gibt es eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Mathias Scholz vom UFZ-Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume. Relevante sozioökonomische Indikatoren sind der Gewinn unter Berücksichtigung von externen Effekten wie vermiedene Umweltschäden, der Umsatz und die Anzahl der Beschäftigten.

Im dritten Schritt kommen PC-Modelle und Prognoseverfahren zum Einsatz, um anhand der in Schritt 2 festgelegten Nachhaltigkeitsindikatoren die Effekte der in Schritt 1 definierten Szenarien abzuschätzen. Wenn Daten nicht vollständig vorliegen, ermöglicht es die Modellierung diese zu simulieren und so dennoch zu einem Ergebnis zu kommen.

Abschließend erfolgt die Bewertung. Die in Schritt 3 modellierten Szenarien werden anhand von mehrdimensionalen Bewertungskriterien beurteilt und mit Hilfe einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse in eine Rangfolge gebracht. Diese Form der Informationsauswertung und -aufbereitung ermöglicht es politischen Entscheidungsträgern, eine Handlungsalternative auszuwählen, weil sie nun die jeweiligen Konsequenzen hinsichtlich Ökonomie und Ökologie voraussehen können.

Die Szenariorechnungen sind noch nicht abgeschlossen. Es ist aber bereits erkennbar, dass die Antwort auf einen Kompromiss zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung hinausläuft.

Im Vergleich zu bisher angewandten Methoden zeichnet sich das am UFZ entwickelte integrierte Bewertungsverfahren vor allem durch folgende Eigenschaften aus:

- Es kann die Komplexität der Konflikte durch eine integrierte Analyse der ökologischen, ökonomischen und sozialen Systeme und ihrer Verknüpfung erfassen.
- Es kann die Dynamik der Systeme durch entsprechende Gestaltung der Entwicklungsrahmen und Modelle abbilden.
- Die Bewertung basiert auf der Einbeziehung langfristiger Effekte.
- Unsicherheiten über die Auswirkungen von Handlungsalternativen können ebenfalls berücksichtigt werden. ■

(www.ufz.de/spb/oekus/projekte.html)

Ökologische Auswirkungen des Kiesabbaus in den Elbauen

(M. Scholz)

Der Abbau von Kiesen und Sanden hat ökologische Auswirkungen, die in ihrer Einschätzung unterschiedlich bewertet werden: Mit dem Aufschluss von Kiesgruben ist zunächst das Abgraben der gewachsenen Landschaft mit ihren Lebensräumen für Tiere und Pflanzen verbunden. An ihrer Stelle bilden sich auf Grund der natürlich hohen Grundwasserstände in der Elbauenlandschaft sofort neue Gewässer, die Baggerseen. Es entstehen neue Lebensräume, die mit ihren Pionierstrukturen an naturnahe Flusslandschaften erinnern: Abbruchkanten werden gerne von koloniebrütenden Uferschwalben angenommen, Sand- und Kiesbänke sind Nistplatz für Flussregenpfeifer sowie Lebensraum für Ödlandschrecken und einjährige Pionierpflanzen, Wasserflächen dienen vielen Wasservögeln gerade im Winter als wertvoller Rast- und Ruheplatz. Nach Beendigung der Abbautätigkeit setzt bei den meisten Kiesgruben eine natürliche Entwicklung ein: offene Landflächen wachsen wegen fehlender Dynamik mit Gehölzen zu – die Bedeutung als Pionierlebensraum geht innerhalb weniger Jahre verloren. Wichtig für den Arten- und Biotopschutz sind vor allem kleine ländliche Kiesgruben, die über lange Zeiträume ausgebeutet wurden. Verschiedene Untersuchungen aus Süddeutschland zeigen, dass sie häufig in einer intensiv genutzten Landschaft liegen und deshalb für gefährdete Arten nährstoffarmer, wenig genutzter Standorte wertvolle Rückzugsräume bereitstellen können. Durch die heute im großen Stil betriebene industrielle Kies- und Sandgewinnung entstehen allerdings immer größere Seen, die durch ihre Größe und Tiefe nicht die ökologische Wertigkeit kleiner Kiesgruben erreichen.

Foto: WOHLFAHRT

Foto: M. Scholz

Kleine, ländliche Kiesgruben sind für den Biotop- und Artenschutz wichtige Sekundärlebensräume.

In Siedlungsnähe sind Kiesseen häufig beliebte Freizeitgewässer zum Baden, Surfen oder Angeln. Allerdings stellen aktive Kiesabbaustätten auch Lärmbelastungen für angrenzende Siedlungen dar und sind eine Störungsquelle für Brutvögel und andere Tiere.

Das ehemals von mehrere Meter mächtigen Böden geschützte Grundwasser wird durch den Kiesabbau verschiedensten Stoffeinträgen ausgesetzt. Es besteht das Risiko, dass sich die Grundwasserqualität verschlechtert. Offene Wasserflächen bewirken in der Regel eine erhöhte Verdunstung, so dass der Grundwasserflurabstand im Umfeld der Kiesgruben absinken kann. Als Folge der Absenkung können Brunnen aber auch elbauentypische Feuchtlebensräume austrocknen. Davon sind insbesondere Altwässer, Flutrinnen, Stromtalwiesen oder Auengehölze betroffen, die wertvolle Lebensräume für viele bedrohte Tierarten, wie die Rotbauchunke oder den Weißstorch bereitstellen. ■

Foto: U. Lerch

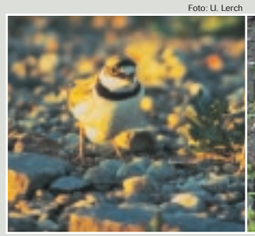
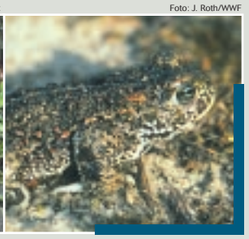


Foto: M. Scholz

Foto: J. Roth/WWF



Interview

mit Jürgen Roth, Leiter des WWF Elbe-Projektbüros in Magdeburg

Foto: WWF

Exkursion in der Elbaue

FRAGE: *Der World Wildlife Fund engagiert sich weltweit seit vielen Jahren im Biotop- und Artenschutz. Was sind konkret die Aufgaben des Elbe-Projektbüros in Magdeburg?*

HR. ROTH: Der WWF betreibt ein sogenanntes Auen-Institut. Dieses Fachinstitut befindet sich in Rastatt am Oberrhein und ist mit Ökologen, Wasserbauern und Forstwirten besetzt, mit der Zielstellung, generell in Europa zum Schutz und zur ökologischen Aufwertung von Flussauen beizutragen. Das Institut existiert seit 15 Jahren. Es arbeitet in allen Auengebieten, in denen der WWF in Europa tätig ist.

Seit 1993 existiert als Außenstelle dieses Instituts das Elbebüro in Magdeburg. Zu unseren Aufgaben gehört die Koordination von verschiedenen Renaturierungsplanungen, die wir als WWF anstoßen. Wir entwickeln Vorstellungen für Schutzgebietsausweisungen, also ganz konkret Abgrenzungen, Würdigungen und Pflege- und Entwicklungspläne für Naturschutzgebiete in der Elbeaue, und wir leisten Lobby-Arbeit im Hinblick auf Naturschutz und die Etablierung von Formen nachhaltiger Nutzung in der Flusslandschaft Elbe.

FRAGE: *Wie ist der Stand bei der Schutzgebietsausweisung des Biosphärenreservats Flusslandschaft Elbe?*

HR. ROTH: Das Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe – das größte in Deutschland übrigens – wurde im Dezember 1997 von der UNESCO anerkannt und erstreckt sich über fünf Bundesländer. Leider ist festzustellen, dass schon bei der Antragstellung die Kriterien für Biosphärenreservate, die die UNESCO festlegt, nicht erfüllt wurden. Es ist damals offensichtlich auch im Überschwang der Planung zu wenig geprüft worden. Insbesondere erfüllen die gemeldeten Gebiete den erforderlichen Anteil von Kernzonen und gemanagten Schutzzonen nicht.

Die rechtliche Umsetzung in den einzelnen Bundesländern hat einen sehr unterschiedlichen Stand. Am meisten zufrieden sind wir mit Brandenburg, wo die Flächen auch nach Landesrecht als Biosphärenreservat gesichert wurden und wo eine funktionsfähige, personell ausreichend besetzte Verwaltung etabliert wurde. Allerdings gibt es in Brandenburg für diese Verwaltung keine direkte behördliche Kompetenz als Untere oder Obere Naturschutzbehörde. Mecklenburg-Vorpommern ist zwar personell stark unterbesetzt, hat aber seine Flächen ebenfalls als Naturpark gesichert. Unklar ist die Situation in Niedersachsen, wo man bis Mitte letzten Jahres versucht hatte, auf Teilen der als Biosphärenreservat gemeldeten Flächen einen Nationalpark zu etablieren. Diese Pläne sind durch eine Entscheidung des Oberverwaltungsgerichtes Lüneburg zunichte gemacht worden. Im Moment sind weder die Zuständigkeiten für die Gesamtfläche zwischen den verschiedenen Fachverwaltungen klar noch die Perspektive für die ganze Schutzgebietsverwaltung. Es wird aber daran gearbeitet, jetzt auch nach Landesrecht ein Biosphärenreservat auszuweisen.

Ähnlich unzufrieden sind wir mit Sachsen-Anhalt. Es hat mit knapp 60% den größten Flächenanteil am Biosphärenreservat. Das Land ist finanziell überfordert, die Schutzgebietsausweisung mit einer ausreichend personell abgesicherten Verwaltung zu untersetzen, und man plant hier im Moment eine Reduktion der von der UNESCO bereits anerkannten Flächen. Eine Entwicklung, die wir nicht akzeptieren können.

Der politische Wille auf Länderebene – weniger in den einzelnen Fachministerien – ist begrenzt. Generell lässt sich sagen, dass die Umsetzung der internationalen Anerkennungskriterien für Biosphärenreservate nur schleppend vorankommt. Eigentlich muss nach drei Jahren ein erster Statusbericht, ein Rahmenkonzept an die UNESCO gehen. Es ist jetzt schon klar, dass die beteiligten Bundesländer dieses Rahmenkonzept bis Ende 2000 nicht fertig haben werden, und es wurde bereits auf Staatssekretärsebene angefragt, ob hier ein Aufschub gewährt werden kann. Es gibt Beispiele aus anderen Biosphärenreservaten, wo sich das Rahmenkonzept auch um zwei bis drei Jahre verzögerte.

Das Biosphärenreservat wird gerne touristisch als heile Welt beworben, wobei wir als WWF es als unsere Aufgabe sehen, immer wieder daraufhinzuweisen, dass hier noch Hausaufgaben zu machen sind und dass man ein Großschutzgebiet auch naturschutzfachlich und rechtlich untersetzen muss.

Wir sind wenig zufrieden mit der Strukturierung, der rechtlichen Absicherung und Organisation dieses Biosphärenreservates Flusslandschaft Elbe. Insbesondere fehlt eine Bündelung mit raumordnerischen Belangen innerhalb der Länder und mit Belangen der Wirtschaftsförderung. Es wird noch sehr als Naturschutz-Instrumentarium gesehen. Laut UNESCO ist ein Biosphärenreservat aber eine Modellregion für nachhaltiges Wirtschaften, und diese Verknüpfung vermissen wir sehr.

Foto: UFZ

FRAGE: *Welche Haltung vertritt der WWF bzgl. des Ausbaus der Elbe für die Schifffahrt? Wie ist der derzeitige Stand der Diskussion? Können sie auch etwas zur geplanten Saaleanbindung sagen?*

HR. ROTH: Wir stellen generell die Eignung der Elbe als Schifffahrtsweg nach europäischen Normen in Frage. Schifffahrtsweg ja; die Elbe ist ein jahrhundertealter Schifffahrtsweg, und angepasste Flussschiffe können sicher fahren, aber zunehmend sind die Schiffskörper europaweit normiert und für die Euronorm-Klasse 4, die auf der Elbe fahren soll, ist der Fluss nicht geeignet. Das zeigt z.B. das im letzten Spätsommer fast fünfmonatige Niedrigwasser, aber auch das aktuelle Frühjahrshochwasser in diesem Jahr. Auch jetzt konnten die Schiffe fünf Wochen lang nicht fahren. Das heißt, wir haben auf der Elbe aus hydrologischen Gründen jährliche Ausfallszeiten von vier bis fünf Monaten für die Schifffahrt. Unter diesen Gegebenheiten können Reedereien nicht auf Dauer existieren, wenn sie nicht hoch subventioniert werden. Ausreichende Sicherheiten für die Befahrbarkeit der Elbe wären nur zu erreichen, indem man sie komplett stauhältert und das lehnen wir grundsätzlich ab.

Schon die ersten Ideen für ein Großschutzgebiet im Jahr 1990 waren eine Gegenbewegung zu parallelen Vorstellungen, die Elbe als hochleistungsfähige Bundeswasserstraße weiter auszubauen. Es gab also von Anfang an die beiden Schienen Wasserstraßenausbau kontra Naturschutz. Hier lag ein wesentlicher Grund für die ganze Schutzgebietsentwicklung.

Um die Elbe ganzjährig befahren zu können, müsste sie komplett gestauhältert werden. Das lehnen wir grundsätzlich ab.

Foto: B. Karrasch

Im Bundesverkehrswegeplan 1992 hat das Verkehrsministerium als Träger der Wasserstraße eine Kompromissformel als Ausbaumaßstab festgesetzt: Die Elbe wird danach auf 1,60 Meter Tauchtiefe an 345 Tagen, bezogen auf einen Bemessungswasserstand aus dem Jahr 1989 ausgebaut bzw. werden defekte Strombauwerke instand gesetzt. Wir akzeptieren diese Kompromissformel für den Elbeausbau von Tschechien bis nach Magdeburg, weil es dazu keine Alternative gibt; auch wenn das im Einzelfall weh tut im Hinblick darauf, dass ökologische Strukturen, die sich stellenweise entwickelt haben, wie Aufweitungen der Streichlinienbreite, Prallhangstrukturen mit Kiesbänken und ähnliches, beseitigt werden. Stromabwärts, von Magdeburg bis Lauenburg akzeptieren wir den Ausbau nicht, weil da die Vorstellung des WWF ist, dass man den Wasserverkehr künftig über den Mittellandkanal und den Elbeseitenkanal lenkt und die Güterschifffahrt von der Elbe in diesem Abschnitt herunter nimmt.

Momentan werden Kanäle und gleichzeitig die Elbe ausgebaut. Das ist volkswirtschaftlicher Unsinn, weil man in zwei parallele Wasserstraßen investiert.

Momentan werden sowohl die Kanäle ausgebaut, d.h. größere Schleusen und Schiffshebewerke, z.B. Scharnebeck, ertüchtigt, und gleichzeitig die Elbe ausgebaut. Das ist volkswirtschaftlicher Unsinn, weil man in zwei parallele Wasserstraßen investiert. Eine wegweisende Politik des Bundesverkehrsministeriums ist diesbezüglich nicht erkennbar.

Der Saaleausbau wird vom WWF abgelehnt und zwar prioritär aus ökonomischen Gründen: Es existieren Wirtschaftlichkeitsgutachten, die zeigen, dass der Saaleausbau nicht wirtschaftlich ist. Mit den Frachtzuwächsen, die bis zum Hafen Halle-Trotha denkbar wären, käme man auch langfristig nicht in einen Bereich, wo sich Investitionen aus Steuermitteln lohnen. Wir sehen insofern keine Notwendigkeit, ökologische Eingriffe, wie sie sich z.B. im Zusammenhang mit dem Staustufenbau an der unteren Saale ergeben würden, in Kauf zu nehmen. Außerdem befürchten wir, dass durch eine vollausgebaute Saale, wo Schiffe mit einer größeren Tauchtiefe fahren könnten als in der Elbe, ein gewisser Druck auf die Elbestrecke zwischen Barby und Magdeburg entsteht; zumal im Moment auch ganz konkret ein Verfahren zum Ausbau der Elbe in der Stadtstrecke Magdeburg läuft.

FRAGE: *Wo sehen Sie zukünftigen Forschungsbedarf an der Elbe und für Flusslandschaften allgemein?*

HR. ROTH: Nach meinem Dafürhalten muss sich die Forschung in der nächsten Zeit verlagern von Gewässergüteaspekten oder Aspekten der Flächenkontamination im Überschwemmungsgebiet hin zu Managementkonzepten für die Elbaue. Gewässergütefragen werden zwangsläufig weniger Bedeutung haben, weil die Anlagensanierung voranschreitet. Ich würde mir wünschen, dass eine Bewertung von Flussauen im Hinblick auf ihr Renaturierungspotenzial wissenschaftlich untersetzt wird. Das heißt: welchen Stellenwert haben Hartholz- und Weichholzauenwälder? Wie kann ich Gehölzsukzession befördern? Das ist gerade an der unteren Mittelelbe wichtig, weil – abgesehen von den Wäldern zwischen Dessau und der Saalemündung – ja fast nichts mehr da ist. Dann halte ich Fragen der Extensivierung von Grünlandnutzung, der Aushagerung von Grünlandflächen für wichtig.

Ein weiterer ganz wichtiger Komplex ist für mich die Sanierung und Renaturierung von Auengewässern. Dadurch, dass auch die Elbe seit 150 Jahren in ihrem Bett festgelegt ist, entstehen keine neuen Auengewässer mehr und sämtliche Altgewässer sind überaltert, d.h. in einem fortgeschrittenen Verlandungsstadium. Wir werden bestimmte Habitatstrukturen nur halten können, indem man als Mensch dort immer wieder eingreift und junge Gewässer künstlich herstellt. Dabei wäre eine ganz wichtige Frage, in welchen Quantitäten, welchen Gewässergrößen und wie räumlich und zeitlich gestaffelt man Altgewässer entschlammen könnte, ohne etablierte Lebensgemeinschaften völlig zu verdrängen. Zu diesen auenökologischen Grundsatzfragen sehe ich sehr viel Forschungsbedarf.

Auch bei der Umsetzung eines eigenen Projektes kann ich mir eine Zusammenarbeit mit dem UFZ gut vorstellen. Gemeint ist ein Naturschutzgroßprojekt in Trägerschaft des WWF, das vom Bundesamt für Naturschutz gefördert wird und über zehn Jahre laufen soll. Hier geht es darum, im Bereich zwischen Dessau und der Saalemündung Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung der verbliebenen Auwälder zu untersuchen. Zur Verbesserung der ökologischen Wirkung des Außendeichgeländes sollen Forst- und Betriebswege abgesenkt und die Möglichkeiten für Deichrückverlegungen untersucht werden. ■

(http://www.wwf.de)

Foto: M. Scholz

Das Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe

1997 wurde die Flusslandschaft Elbe von der UNESCO als 14. Biosphärenreservat in Deutschland anerkannt. Das Biosphärenreservat hat eine Fläche von 3.744 km² und erstreckt sich über 400 Elbe-Kilometer von Prettin in Sachsen-Anhalt bis Tesperhude, südwestlich von Hamburg. Gelingt es den fünf beteiligten Bundesländer nicht, bis zum Dezember 2000 eine Biosphärenreservats-Verordnung zu verabschieden, so kann der Schutzstatus wieder aberkannt werden.

Mit der Einrichtung von Biosphärenreservaten werden folgende vier Ziele verfolgt:

- Entwicklung nachhaltiger Landnutzung
- Schutz des Landschaftshaushalts und der genetischen Ressourcen
- Umweltforschung und -monitoring
- Umweltbildung, Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation

Das seit 1979 bestehende Biosphärenreservat Mittlere Elbe zwischen Wittenberg und Magdeburg wird in das neue Schutzgebiet integriert.

Im März 1998 beschloss die Landesregierung von Niedersachsen die Einrichtung des Nationalparks Elbtalaue. 85 Stromkilometer von Radegast bis Schnackenburg wurden unter Schutz gestellt und sollten ebenfalls in das Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe integriert werden. Der 14. Nationalpark in Deutschland existierte jedoch nur ein Jahr. Im Februar 1999 führte die Klage eines Landwirtes dazu, dass der Nationalparkbeschluss aufgehoben werden musste. Das Bundesverwaltungsgericht bestätigte das Urteil und das darin enthaltene Revisionsverbot im September 1999.

Eine neue Schutzinitiative geht von der Deutschen Umwelthilfe und dem Hamburger Verlagshaus Gruner+Jahr aus, die neben dem Flusseinzugsgebiet selber auch die Kulturdenkmäler entlang der Elbe schützen wollen. Ziel der gemeinsamen Initiative „Lebendige Elbe“ ist die Ausweisung der Elbe als Weltnatur- und Weltkulturerbe der UNESCO.

http://www.rivernet.org/elbe/welcomed.htm
http://www.stadt-dessau.de/biores.htm
http://www.elbtalaue.de
http://www.rivernet.org/elbe/welterbe/erbe.htm
http://pns.brandenburg.de/land/umwelt/elbtal.htm
http://www.europarc-deutschland.de/mitglieder/biospher.htm

Schnecken, Laufkäfer und Schwebfliegen zeigen Veränderungen im Lebensraum Flussaue an

Landwirtschaftliche Nutzungsänderungen, Wasserstraßenausbau, aber auch Naturschutzmaßnahmen wie Deichrückverlegungen führen zu ökologischen Veränderungen in Flussauen. In der Planungspraxis fehlt es an zuverlässigen, einfach handhabbaren Verfahren zur Erfassung und Bewertung solcher Änderungen. Wissenschaftler aus dem UFZ arbeiten an einem Indikationssystem, das anhand ausgewählter, einfach messbarer Parameter aus der belebten und unbelebten Natur eine schnelle Abschätzung des Zustands von Auengrünland ermöglicht.

Foto: F. Dziock

Flussauen zählen zu den komplexesten und artenreichsten Lebensräumen in Mitteleuropa. Sie bilden die Schnittstelle zwischen Wasser und Land und sind geprägt durch alljährlich wiederkehrende Hochwasserereignisse im Wechsel mit langen Trockenzeiten. In der Aue besteht ein Mosaik unterschiedlicher Habitate auf engstem Raum: Tiefe Flutrinnen, die Wechselwasserzone, feuchtes Grünland bis hin zu hochgelegenen, nur periodisch überschwemmten Wiesen. Im ufernahen Bereich dominieren sandige Rohböden, während die höher gelegenen Terrassen mit nährstoffreichem Auenlehm bedeckt sind. Unter den ständig wechselnden Standortbedingungen können nur angepasste Tier- und Pflanzenarten dauerhaft überleben.

„Die Bindung dieser Spezialisten an ganz bestimmte Biotopstrukturen nutzen wir für das Indikationssystem, das wir derzeit an der Elbe entwickeln“ erklärt Mathias Scholz, Landschaftsplaner im UFZ-Projektbereich Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume. Scholz koordiniert ein vom Bundesforschungsministerium finanziertes Verbundprojekt mit dem Namen RIVA (Robustes Indikationssystem für ökologische Veränderungen in Auen). Zunächst bestand die Aufgabe der beteiligten Wissenschaftler darin, aus der Vielzahl der möglichen Messgrößen diejenigen herauszufiltern, die einerseits unbedingt erforderlich sind, um Zustand und Veränderungen von Auensystemen hinreichend genau zu beschreiben, und die andererseits räumlich möglichst breit einsetzbar sind und mit einem vertretbaren Aufwand an Probenahme, Datenerhebung und Datenanalyse auskommen. Die Synthese aller gewonnenen Daten mit dem Ziel einer ökologischen Modellierung erfolgt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz.

Die Zoologen wählten solche Tiergruppen aus, die sowohl hinsichtlich ihrer Habitatansprüche als auch ihrer Mobilität repräsentativ für das Arteninventar im Auenlebensraum sind: Schnecken als wenig mobile Tiere, Laufkäfer mit mittlerer Mobilität und hoch mobile Schwebfliegen. In jedem Habitattyp findet sich eine andere charakteristische Gemeinschaft von Arten aus diesen drei Gruppen. Die meisten dieser Arten reagieren empfindlich auf Wasserstandsänderungen, was ihre besondere Eignung als Indikatoren ausmacht.

Ergänzt werden die faunistischen durch floristische Parameter und abiotische Größen, die Bodeneigenschaften und Hydrodynamik beschreiben. An verschiedenen Stationen entlang der Mittleren Elbe werden in festgesetzten Intervallen Daten zu Redoxverhalten, Grundwasserstand, Temperatur und Leitfähigkeit gewonnen und über Funk weitergeleitet. Parallel geführte Laborversuche ermöglichen die Simulation bestimmter Umweltsituationen.

„Das Indikationssystem ist so aufgebaut und abgestimmt, dass es mit einem möglichst geringen Erfassungsaufwand auskommt und mit wenigen Anpassungen auch in anderen Stromlandschaften anwendbar wird,“ fasst Scholz die Eigenschaften des neuen Systems zusammen. ■

(http://www.ufz.de/spb/nat/riva.html)

Foto: H. Schmidt/ÖKON

Durch hunderte Jahre Deichbau und andere flussbautechnische Maßnahmen hat die Elbe 80% ihres ursprünglichen Überschwemmungsgebietes verloren. Inzwischen sind über 50 Deichrückverlegungen an der Mittleren Elbe geplant oder bereits umgesetzt. Hiervon profitieren Biotop- und Artenschutz und Hochwasserschutz gleichermaßen.

Neue Auen für die Elbe

Fotos: M. Scholz

Sibirische Schwertlilie

Nur selten finden sich an der Elbe noch ausgedehnte Überschwemmungsflächen mit auentypischen Arten und Lebensgemeinschaften.

Auenwiese

(G. Puhlmann, Biosphärenreservat Mittlere Elbe; M. Scholz)

Um die alljährlich auftretenden Hochwasserereignisse einzudämmen, wurden bereits seit dem Mittelalter große Bereiche der Elbetalniederung durch Deiche vom Überflutungsgeschehen abgetrennt. Aus ehemals extensiv genutzten Wäldern, Wiesen und Weiden wurden dadurch oftmals intensiv genutzte Ackerflächen oder hochwassersichere Siedlungsgebiete. Das Wirken der Auendynamik beschränkt sich heute auf weiten Abschnitten auf ein schmales Band entlang der Elbe. Nur hier finden sich noch zusammenhängende Überschwemmungsflächen mit auentypischen Arten- und Lebensgemeinschaften. Hinter den Deichen sind für die Elbeauen typische Lebensräume wie Auenwälder, Altwässer, Flutrinnen und naturnahe Uferbereiche von der lebenswichtigen Auendynamik abgeschnitten. Der Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser beschränkt sich nur noch auf eine gedämpfte Dynamik des Grundwasserleiters, die bei langanhaltenden Hochwasserereignissen durch Qualmwasser zu Überstauungen führen kann. Wesentliche Merkmale einer Aue wie regelmäßige Überflutungen, Sedimentation und Erosion finden nicht mehr statt. Angepasste Auenarten und -lebensgemeinschaften treten zugunsten von Allerweltsarten zurück. Die Auen sind in ihrer Selbstregulations- und Regenerationsfähigkeit gefährdet. Die Wiederanbindung von Altauenbereichen an das Überflutungsgeschehen ist deshalb dringend erforderlich.

Solche Renaturierungsmaßnahmen erwecken Auenbiotope nicht nur zu neuem Leben, sondern gewährleisten auch einen modernen Hochwasserschutz. Gerade in den letzten Jahren gerieten zahlreiche Flüsse durch zum Teil katastrophale Hochwasserereignisse in die Schlagzeilen. Vorhandene Überflutungsflächen werden nicht ausreichend gesichert und neue Retentionsräume zu wenig geschaffen. Auch an der Elbe entspricht das aktuelle System in einigen Bereichen nicht den modernen Anforderungen des Hochwasserschutzes. Überschwemmungskatastrophen wie an der Oder gab es an der Elbe in den letzten Jahrzehnten nicht; gänzlich ausgeschlossen werden können sie aber nicht.

Anfang der 90er Jahre entstanden deshalb in den Anliegerländern der mittleren Elbe zahlreiche Pläne für Deichrückverlegungen. So sind derzeit über 50 Rückdeichungsvorhaben in Planung; mit eingeschlossen sind Öffnungen von Sommerpoldern. Der Großteil der Vorschläge bezieht sich auf die Elbe in Sachsen-Anhalt, aber auch in Brandenburg und Niedersachsen sind verschiedene Vorhaben geplant. Bei Realisierung aller Rückdeichungen könnten über 23.000 ha Altaue als Auenökosysteme wieder reaktiviert werden, was eine Zunahme der Überschwemmungsflächen von mehr als einem Viertel bedeuten würde. Die Umsetzung dieser Vorhaben in den Elbauen gestaltet sich jedoch problematisch. In der lokalen Öffentlichkeit wird die Schaffung neuer Überflutungsflächen häufig kritisch diskutiert, da mit einer Deichrückverlegung zum Beispiel Nutzungsänderungen in der Landwirtschaft einhergehen können oder die Angst vor nassen Kellern bestehen kann.

Renaturierungsmaßnahmen dienen dem Hochwasserschutz und erwecken Auenbiotope zu neuem Leben

Inzwischen konnte in Sachsen-Anhalt ein Großteil der vorgeschlagenen Flächen als Vorsorgegebiet für den Hochwasserschutz raumordnerisch gesichert werden. Erst wenige Vorhaben sind zurzeit in der Umsetzungsphase. Ein Beispiel ist das Roßlauer Unterluch im Biosphärenreservat Mittlere Elbe, wo im Rahmen einer Deichrekonstruktion in Verbindung mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen aus einem Autobahnbau eine ca. 150 ha große Rückdeichungsfläche geschaffen wird. Weitere Vorhaben sollen im Rahmen von BMBF-Projekten zur Elbe-Ökologie vorbereitet werden. Sie liegen im Ohremündungsbereich, bei Sandau (Sachsen-Anhalt) oder in der Lenzener Wische in Brandenburg. Pläne für eine Rückdeichung sind auch Bestandteil eines beantragten Naturschutzgroßprojektes des Bundes oberhalb der Saalemündung, wo im Lödderitzer Forst, dem größten Auenwaldkomplex an der Elbe, umfangreiche Waldbereiche in der Altaue wieder an das Überflutungsgeschehen angeschlossen werden sollen.

Bei Deichverlegungen kommt es auf die Transparenz aller Planungsinhalte an und darauf, Anwohner und Landnutzer frühzeitig einzubeziehen, um möglichst breite Akzeptanz zu finden. Die zu erwartenden Änderungen der Grundwasserstände müssen begutachtet und ggf. Schöpfwerke eingerichtet werden. Gemeinsam mit den Landwirtschaftsbetrieben und unter Einbeziehung aller Förderprogramme erfolgt die Suche nach möglichst auengerechten Nutzungsformen für die neugewonnenen Überschwemmungsgebiete. Zu einvernehmlichen Lösungen steuern neben ökologischen und wirtschaftlichen auch sozioökonomische und kulturelle Aspekte bei.

Angesicht der Kosten und des Gesamtaufwandes sind nachhaltiger Hochwasserschutz und Flussbettstabilisierung an der Elbe zwangsläufig als Generationsaufgaben zu verstehen. Unsere Generation stellt die Weichen und leistet die ersten Beiträge. ■

IM NÄCHSTEN MAGAZIN

UMWELT UND GESELLSCHAFT

Impressum:

HERAUSGEBER	UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF)
REDAKTION	Dr. Reinart Feldmann, Doris Böhme
GESTALTUNG	**WOHLFAHRT**
DRUCK UND VERARBEITUNG	Messedruck Leipzig GmbH

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes
ist ohne Zustimmung des UFZ unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Systemen.