

# Vom Wissen zum Handeln: Modelle von Mensch-Umwelt-Systemen als konkrete Entscheidungshilfe

Auf dem Weg zu einer integrierten Umweltforschung

Beim Blick auf ihre Nebenkostenabrechnung werden viele Haushalte feststellen: Die Entsorgung von einem Liter Abwasser kostet mehr als die Nutzung der gleichen Menge Trinkwasser. Dahinter steckt ein komplexes Problem: Industrielle und kommunale Abwässer enthalten einen bunten Cocktail chemischer Substanzen. Ihre Klärung ist ein technisch aufwändiger und kostenintensiver Prozess. Die Erfahrung der vergangenen Jahrzehnte hat zudem gezeigt, dass fortlaufend neue Chemikalien auf den Markt kommen, die später als Schadstoffe identifiziert werden. Können diese Schadstoffe mit den vorhandenen Techniken nicht effektiv aus den Abwässern entfernt werden, geraten die Kläranlagenbetreiber unter Handlungsdruck. Wird nicht in innovative Klärtechniken investiert, sind Wasserqualität und Funktionsfähigkeit aquatischer Ökosysteme immer stärker belastet. Nach dem Kostendeckungsprinzip müssen die Verbraucher auch diese Investitionskosten tragen. Ob dieses Prinzip angesichts allgemein steigender Kosten weiterhin sozial verträglich bleiben kann, ist jedoch fraglich. Ein Ausweg wäre, bestimmte Schadstoffe aus dem Ver-

kehr zu ziehen oder ihren Verbrauch zu begrenzen. Doch welche ökonomischen Konsequenzen hätten diese Maßnahmen?

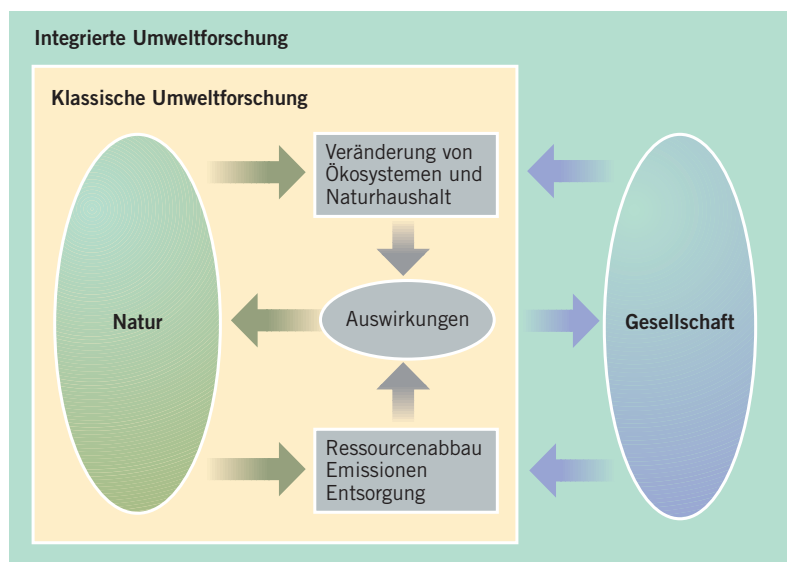
## Untrennbar: Mensch und Umwelt

Das Beispiel zeigt: Natürliche und soziale Prozesse sind untrennbar miteinander verknüpft. Klassische Umweltprobleme werden zu sozial-ökologischen Problemen. Ihre Bearbeitung erfordert einen neuen, integrierten Forschungsansatz. Diese Position ist Arbeitsgrundlage des seit März 2003 bestehenden Forschungsverbands »Modellierung von Mensch-Umwelt-Systemen« (MOMUS) zwischen der Universität Frankfurt und dem Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). Integration findet auf zwei Ebenen statt: Einerseits muss das in den einzelnen natur- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen etablierte und problemspezifisch erarbeitete Wissen in einem gemeinsamen Forschungsprozess zusammengeführt werden – Stichwort: Interdisziplinarität. Wie etwa spezifische Schadstoffe die Wasserqualität beeinflussen, hängt von ihren biochemischen Eigenschaften, Eintragsmengen und -pfaden sowie der Effektivität der

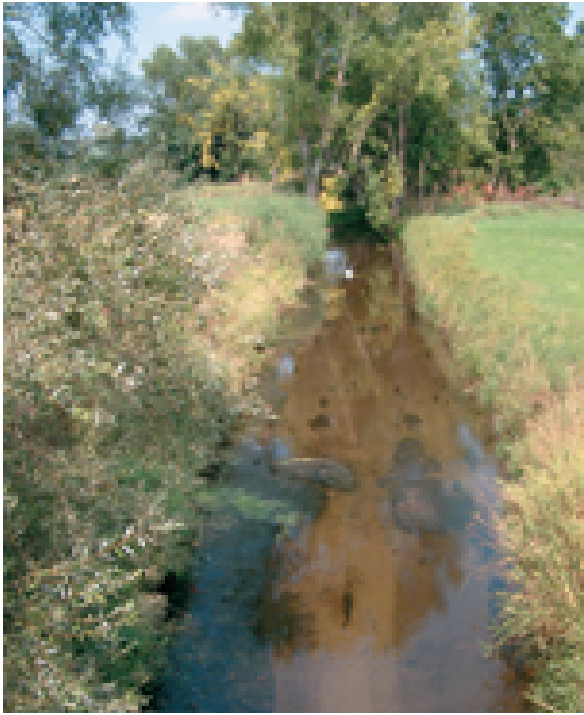
Kläranlagen ab. Über die Analyse von Produktionsmengen und Konsumverhalten sind Ökonomie und Soziologie hier ebenso gefordert wie Biologie und Hydrochemie. Wissenschaftliche Ergebnisse müssen andererseits so übersetzt werden, dass sie Möglichkeiten für gesellschaftliches Handeln eröffnen. Diese Integration von »Theorie und Praxis« kann jedoch nicht erst am Ende des Forschungsprozesses stehen. Sie muss vielmehr von Anfang an Teil des Forschungskonzepts sein. Die Bewertung, welche Maßnahmen zur Lösung einer sozial-ökologischen Problemlage geeignet sind, muss das Wissen und die Bedürfnisse von betroffener Bevölkerung, Wirtschaft und Politik einbeziehen.

Die komplexe Verflechtung ökologischer und sozialer Prozesse kann nur in Modellen erfasst und analysiert werden. Modelle spielen jedoch nicht nur als Erkenntnis-, sondern auch als Integrationsinstrument eine zentrale Rolle. Der formale Charakter von Modellen erzwingt die Festlegung auf eine disziplinübergreifende Sprache: Fachspezifische Hypothesen und Annahmen müssen expliziert und auf gegenseitige Kompatibilität überprüft werden. Dadurch entsteht ein konzeptioneller Rahmen, der die Synthese von Wissen über die kognitiven und kulturellen Unterschiede der Disziplinen hinweg ermöglicht. Gleichzeitig können Modelle bei der Integration von Theorie und Praxis helfen. Transparenz und eine adäquate Berücksichtigung der jeweiligen gesellschaftspolitischen Realität können Modelle als weitgehend neutrale Instanz etablieren. Sie können dadurch effektiv als Entscheidungshilfe für umweltrelevante Weichenstellungen genutzt werden.

Mit seinem Ansatz will der Forschungsverbund MOMUS einen Beitrag leisten, um eine problemorientierte und integrierte Umweltforschung an der Universität Frankfurt zu stärken. Methodenentwicklung,



In der integrierten Umweltforschung wird die Gesellschaft als System mit einer eigenen Dynamik betrachtet. Dadurch können Entstehungsbedingungen und Variabilität menschlicher Eingriffe in die Natur adäquat berücksichtigt werden.



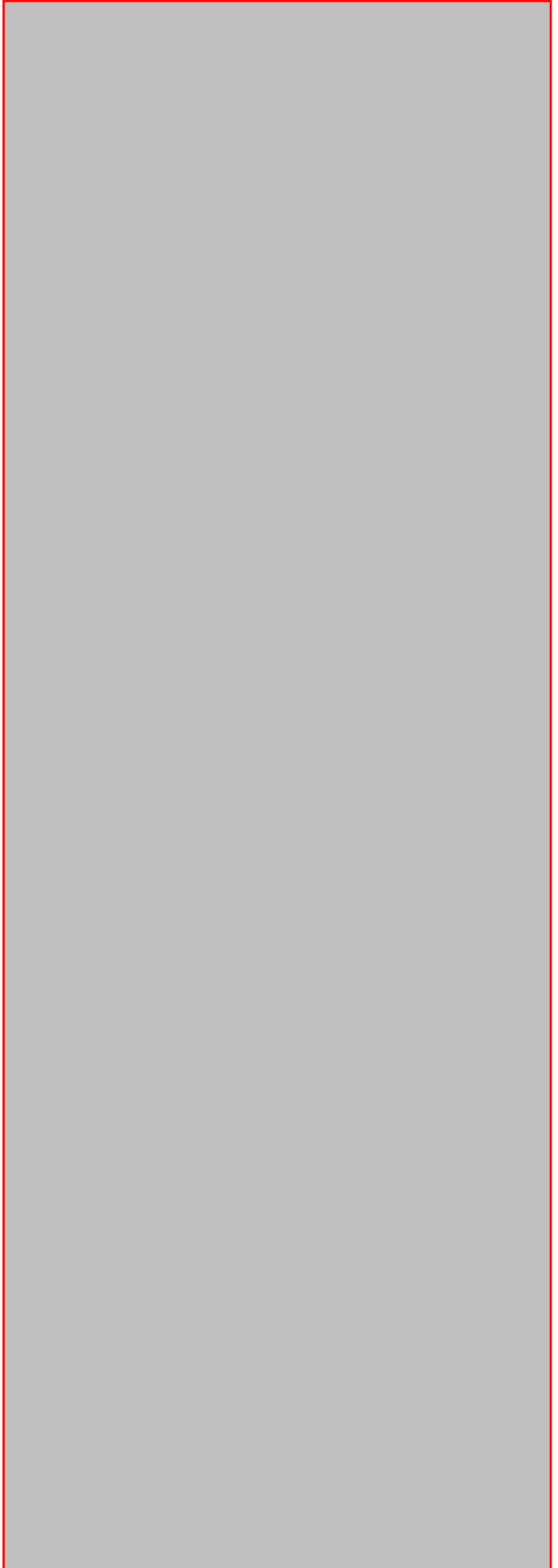
Die Wasserqualität der Bachsysteme im Hessischen Ried hat sich in den vergangenen Jahren allgemein verbessert. Dennoch können bereits neue Schadstoffe, wie chlorierte Phosphorsäureester und das endokrin wirksame Bisphenol-A in signifikanten Konzentrationen gemessen werden.

Strukturaufbau und konkrete Forschungsarbeit »im Feld« stehen im Vordergrund. Messungen im Hessischen Ried und sozial-ökologische Modellstudien bereiten gegenwärtig ein für 2005 geplantes Folgeprojekt zum Thema »Integriertes Wasserqualitätsmanagement« vor.

#### Ist eine nachhaltige Sicherung der Wasserqualität möglich?

Das Thema »Wasserqualität« ist aktueller denn je: Immer mehr Gegenstände des täglichen Gebrauchs enthalten Substanzen, die auf verschiedenen Wegen in unsere Gewässer gelangen und die aquatischen Ökosysteme belasten. Zum Beispiel Kunststoffe aus Polycarbonat: Ob es die leichte Trinkwasserflasche ist, der Jogurtbecher oder die Zahnpastatube – sie alle können als Ausgangssubstanz das als Massenchemikalie einzustufende Bisphenol-A (BPA) enthalten. Für diese Chemikalie konnte in Versuchen an Wasserschnecken ein schädlicher Einfluss auf das Hormonsystem nachgewiesen werden (siehe Beitrag von Jörg Oehlmann in Forschung Frankfurt 2/2003). Inwieweit diese Ergebnisse auf den Menschen übertragen werden können, ist noch unklar. Tatsache ist jedoch: Diese so genannten »endokrinen Disruptoren« können über häusliche und industrielle Abwässer in Oberflächengewässer gelangen und stellen langfristig eine potenzielle Gefährdung des Trinkwassers dar. So haben Umweltwissenschaftler des Projekts in den Fließgewässern des Hessischen Rieds Spitzenkonzentrationen von zwei Mikrogramm BPA pro Liter gemessen. Dieser Wert liegt im Bereich der bei Wasserschnecken wirksamen Konzentrationen.

Substanzen wie BPA gehören zur Gruppe der so genannten »neuen Schadstoffe«. Diese zeichnen sich durch zwei Eigenschaften aus: Sie sind biologisch hoch





Apparatur zur Festphasenextraktion am Institut für Mineralogie der Universität Frankfurt. Hier werden Wasserproben auf organisch-chemische Verunreinigungen untersucht.

wirksam und können mit herkömmlichen Klärtechniken nur unzureichend aus den Abwässern entfernt werden. Hinzu kommt, dass bisher nur wenig über ihr Ausbreitungs- und Reaktionsverhalten in den Gewässern bekannt ist. Das Spektrum dieser Stoffgruppe ist breit und wird fortlaufend erweitert: Chlorierte Phosphorsäureester, die als Flammenschutzmittel in den Schaumstofffüllungen der meisten Polstermöbel stecken und Rückstände von Arzneimitteln, die über menschliche Ausscheidungen in die Gewässer gelangen, gehören ebenso dazu wie die in Reinigungsmitteln als Tenside enthaltenen Nonylphenolethoxylate.

Ein Wasserqualitätsmanagement, das sich am Nachhaltigkeitsprinzip orientiert, ist damit vor drei Herausforderungen gestellt: Erstens müs-

sen für die neuen Schadstoffe Verfahren zur Bestimmung eines Gefährdungspotenzials entwickelt werden, die ihren spezifischen Eigenschaften angepasst sind. Zweitens müssen kosteneffiziente Methoden zur Bestimmung stofflicher Gewässerbelastungen etabliert werden, die flexibel auf neu entstehende Gefährdungssituationen angewendet werden können. Hier liegt Potenzial für Innovationen auf dem Gebiet der Umweltanalytik. Drittens ist eine integrierte Analyse der Entstehung und Entwicklung von Belastungssituationen erforderlich. Ein Schwerpunkt muss dabei die Frage sein, wie Maßnahmen zur Verringerung einer Gewässerverunreinigung wirken. Nur aus einer kombinierten ökologischen, ökonomischen und sozialen Bewertungsperspektive ist eine nachhaltige Sicherung einer Wasserqualität möglich, die den spezifischen Bedürfnissen verschiedener Nutzer gerecht wird.

Diese drei Herausforderungen sollen im MOMUS-Folgeprojekt aufgegriffen werden. Zentrales Ziel ist die Entwicklung eines computerbasierten Systems zur Unterstützung der Entscheidungsfindung. Diese Decision Support Systems (DSS) haben ihren Ursprung in der strategischen Unternehmensberatung, finden aber immer stärkeren Eingang in die aktuelle Umweltforschung. Das DSS soll die relevanten Prozesse des Schadstoffkreislaufs mit Hilfe einer Kombination aus qualitativen und quantitativen Modellen abbilden und so eine Prognose der Entwicklung einer Belas-

tungssituation ermöglichen. Gleichzeitig soll es Entscheidungsträgern helfen, den Einfluss verschiedener Handlungsoptionen auf die Wasserqualität zu simulieren und auf ihre Effektivität hin zu analysieren. Dabei sollen Betroffene, wie etwa Bevölkerung und Wirtschaft sowie Anwender in einem speziellen Partizipationsverfahren von Anfang an in den Entwicklungsprozess des DSS integriert werden.

#### Kompetenzaufbau durch Netzwerkbildung

Eine integrierte Umweltforschung ist nur im Zusammenspiel der Einzeldisziplinen möglich. Sie sollen dabei nicht durch eine neue »Superwissenschaft« ersetzt, sondern in ihrer Wirksamkeit bei der Lösung sozial-ökologischer Probleme gestärkt werden. Welche Disziplinen das sind, hängt vom jeweiligen Thema ab. Die Flexibilität eines Forschungsverbunds wächst jedoch, wenn ein Netzwerk von Disziplinen und Expertisen aufgebaut wird, über das Verbindungen fallweise aktiviert werden können. Das Projekt MOMUS ist der erste Schritt zum Aufbau eines solchen Kompetenznetzwerks an der Universität Frankfurt. Die Integration weiterer Disziplinen wird Gegenstand der für 2005 geplanten zweiten Projektphase sein. ◆

Der Autor

**Dr. Florian Keil**, Diplom-Physiker, ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für sozial-ökologische Forschung in Frankfurt tätig.

### Der Forschungsverbund MOMUS

Der Forschungsverbund »Modellierung von Mensch-Umwelt-Systemen« (MOMUS) ist ein vom Hessischen Ministerium für Wissenschaft und Kunst gefördertes Kooperationsprojekt zwischen der Universität Frankfurt und dem Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE). Thematische Schwerpunkte sind Fragen der Wasserqualität und Wasserversorgung. Ziel des Forschungsverbunds ist der Aufbau interdisziplinärer Kooperationsstrukturen und die Entwicklung von Methoden, um die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt zu erforschen. Die Entwicklung integrierter natur- und sozialwissenschaftlicher Modelle ist dabei von besonderer Bedeutung. Der Forschungsverbund hat seine Arbeit im März

2003 für zunächst 18 Monate aufgenommen.

Die Universität Frankfurt ist an MOMUS mit den Fachbereichen Geowissenschaften/Geografie (Prof. Dr. Petra Döll, Prof. Dr. Wilhelm Püttmann), Biologie und Informatik (Dr. Dirk Metzler, Prof. Dr. Jörg Oehlmann, Prof. Dr. Bruno Streit) und Mathematik (Prof. Dr. Anton Wakolbinger) beteiligt. Im Rahmen des Projekts wurden an der Universität zwei halbe Stellen für wissenschaftliche Mitarbeiter geschaffen. Diplom-Ingenieurin Kristin Quednow arbeitet an ihrer Promotion im Bereich Umweltanalytik bei Prof. Püttmann. Dr. Frank Reinhardt führt biologische Gewässeranalysen am Zoologischen Institut durch.

Das ISOE wurde 1988 als unabhängige gemeinnützige Forschungseinrichtung in Frankfurt gegründet. Es versteht sich als theoriegeleitetes und zugleich umsetzungsorientiertes Forschungsinstitut. Ziel ist die Erzeugung von transdisziplinärem Wissen im Spannungsfeld zwischen Natur und Gesellschaft. Im Forschungsbereich »Wasser und nachhaltige Umweltplanung« werden Konzepte und Modelle einer nachhaltigen Wasserpolitik für Auftraggeber wie das Bundesforschungsministerium, Kommunen und Unternehmen erarbeitet. Für MOMUS arbeiten am ISOE Dr. Florian Keil und Dr. Stefan Liehr. Als Physiker liegt ihr Schwerpunkt in der Modellierung der sozial-ökologischen Systeme.