



# UFZ-Bericht

UFZ-UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH

Nr. 24/2000

---

**Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und  
Landnutzung:**

**Methoden und Instrumente der Entscheidungs-  
findung und -umsetzung**

---

**Abstracts zu den Referaten und Postern**

für die interdisziplinäre Tagung

vom 27. bis 29. September 2000 am UFZ

Helga Horsch, Bernd Klauer, Irene Ring,  
Hans-Joachim Gericke, Felix Herzog (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt

ISSN 0948-9452

---

# **Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung: Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und -umsetzung**

---

## **Abstracts zu Referaten und Postern**

für die interdisziplinäre Tagung  
vom 27. bis 29. September 2000  
am UFZ-Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle GmbH

HerausgeberInnen:

Prof. Dr. habil. Helga Horsch, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Bernd Klauer, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Irene Ring, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Hans-Joachim Gericke, Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt, Dresden

Dr. Felix Herzog, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich

## Vorwort

Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung sind essenzielle Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung. Der Gewässerschutz konkurriert jedoch in vielen Fällen mit der Flächennutzung für wirtschaftliche Entwicklung, so dass Strategien zur Lösung von Nutzungskonflikten erforderlich werden. Die damit verbundenen Problemstellungen sind Gegenstand der Tagung „*Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung: Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und –umsetzung*“, die vom 27. bis 29. September 2000 am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH in Leipzig stattfindet und vom UFZ gemeinsam mit der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt veranstaltet wird.

Ein zentrales Anliegen der Tagung besteht in der Vorstellung und Diskussion von Methoden und Instrumenten zur Ableitung und Umsetzung von Strategien nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung. Derartige Lösungsansätze bedingen einen ökologische und sozioökonomische Aspekte integrierenden Forschungsansatz.

Im Mittelpunkt der Veranstaltung stehen folgende Themenschwerpunkte:

1. Ziele nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung,
2. Integrierte Bewertungsverfahren zur Ableitung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung sowie
3. Umsetzung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung.

Anlass der Tagung ist der Abschluss des interdisziplinären UFZ-Verbundprojektes „*Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung*“, in dessen Rahmen vor allem Lösungen für Nutzungskonflikte auf regionaler Ebene in ländlichen Räumen entwickelt wurden.

Unter Einbeziehung von zahlreichen Beiträgen namhafter Referenten aus Wissenschaft und Verwaltung werden der aktuelle Stand der Forschung dargelegt, Forschungsergebnisse zur Diskussion gestellt sowie der weitere Forschungsbedarf herausgearbeitet. Insbesondere erwarten wir durch die Teilnahme von Wissenschaftlern verschiedenster Fachdisziplinen, von Fachbehörden und Akteuren vor Ort einen Erfahrungsaustausch und Impulse für eine weitere Vertiefung der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis in Richtung nachhaltiger Landnutzungsstrategien.

Die Kurzfassungen der Tagungsbeiträge in Form von Referaten und Postern sind in diesem Bericht enthalten. Wir hoffen, damit einen Beitrag für eine interessante Diskussion und einen disziplinübergreifenden Dialog zu leisten.

Abschließend möchten wir uns ganz herzlich bei Frau Dr. Hildegard Feldmann und Frau Ogarit Uhlmann, F & U confirm GbR, bedanken, die uns bei der Vorbereitung und Herausgabe des UFZ-Berichtes hilfreich zur Seite standen.

Leipzig, August 2000

Die HerausgeberInnen

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Die Veranstalter der Tagung</b>	
UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH .....	3
Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt .....	6
<b>2 Referate</b>	
<b>2.1 Ziele nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung</b>	
<i>Martin Socher</i> Management von Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Weißen Elster und der Vereinigten Mulde – neue Aufgaben durch die Umsetzung der EU-Wasser- rahmenrichtlinie .....	15
<i>Edeltraud Günther und Heiko Schuh</i> Entscheidungsorientierte Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung – empirische Analyse für die öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Sachsen .....	16
<i>Helga Horsch</i> Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung: Probleme und Lösungskonzepte ....	19
<i>Reinhard F. Hüttl und Bernd Uwe Schneider</i> Neuer Studiengang: Landnutzung und Wasserbewirtschaftung .....	21
<b>2.2 Integrierte Bewertungsverfahren zur Ableitung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung</b>	
<i>Frank Messner, Bernd Klauer, Martin Drechsler und Helga Horsch</i> Integriertes Bewertungskonzept und seine beispielhafte Anwendung auf den Nutzungs- konflikt zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung .....	25
<i>Arjen Y. Hoekstra</i> Integrated water modelling .....	29
<i>Hans-Joachim Fietkau</i> Partizipation und integrierte Bewertungsverfahren .....	31
<i>Peter Wycisk</i> Nachhaltigkeitsindikatoren für die Ressource Grundwasser .....	33
<i>Martin Volk, Uwe Franko, Felix Herzog, Thomas Schmidt und Marco Neubert</i> Modellierung des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasser- quantität und -qualität am Beispiel des Torgauer Raumes .....	36
<i>Bernd Klauer</i> Modellierung ökonomischer Effekte von Landnutzungsänderungen mittels Input- Output-Analyse .....	39
<i>Stefan Geyler und Frank Messner</i> Monetäre Bewertung von Szenarien zur Landnutzungsänderung .....	42
<i>Rainer Marggraf</i> Monetäre Bewertung und Langzeitkalküle .....	45

<i>Martin Drechsler</i>	
Multikriterielle Analyse von Szenarien zur Landnutzungsänderung .....	47
<i>Rainer Brüggemann</i>	
Multikriterielle Entscheidungsanalyse, Gewichtung von Nachhaltigkeitskriterien und Unsicherheit .....	50
<b>2.3 Umsetzung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung</b>	
<i>Irene Ring, Frank Wätzold und Helga Horsch</i>	
Anreizsysteme zur Förderung von Naturressourcenschutz .....	53
<i>Frank Wätzold, Karin Johst und Martin Drechsler</i>	
Ökologisch-ökonomische Modellierung zur Ableitung von ökonomischen Instrumenten für den Artenschutz am Beispiel des Weißstorches .....	55
<i>Dieter Ewringmann</i>	
Das zukünftige Schicksal der deutschen Abwasserabgabe unter dem Einfluss der EU-Wasserrahmenrichtlinie .....	57
<i>Peter Gullich</i>	
Ökonomische Instrumente zur Förderung einer umweltverträglichen Landwirtschaft .....	59
<i>Frank Wätzold und Eckhard Müller</i>	
Politikoptionen für eine umweltverträgliche wirtschaftliche Entwicklung auf kommunaler Ebene .....	62
<i>Harald Spehl</i>	
Konzepte nachhaltiger Regionalentwicklung: Erfahrungen in der Umsetzung .....	64
<b>3 Poster</b>	
<i>Martin Bach, Andreas Huber und Hans-Georg Frede</i>	
Modelling Pesticide Input into Surface Waters in Germany. ....	69
<i>Ilke Borowski</i>	
Analyse nationaler und internationaler Aktivitäten zur Entwicklung von Indikatoren mit Bezug auf eine nachhaltige Wasserwirtschaft .....	72
<i>Ingo Bräuer und Rainer Marggraf</i>	
Kontingente Bewertung zur Bestimmung volkswirtschaftlicher Effizienz im Artenschutz .....	74
<i>Alexandra Dehnhard</i>	
Bewertungsansätze zur Lösung von Nutzungskonflikten .....	76
<i>Ilse Entner, Johann Frank, Albrecht Leis und Mathilde Probst</i>	
Optimierung der Grundwassernutzungen im Leibnitzer Feld – Ressourcenansprüche und Interessenskonflikte .....	79
<i>Peter Gaußmann und Andreas Heinken</i>	
Rotationsbrache auf Auengrünland – Betrachtungen zur Nachhaltigkeit aus landwirtschaftlicher Sicht .....	82
<i>Andreas Grangler, Reiner Enders und Martin Jekel</i>	
Bewertung von wasserwirtschaftlichen Szenarien mit „Nachhaltigkeitsindikatoren“ .....	85

<i>Dagmar Haase und Doreen Thormann</i>	
Erfassung und Systematisierung von Indikatoren zu Flächeninanspruchnahme, Stoffeintrag und natürlicher Funktionsfähigkeit in Auenrandbereichen .....	87
<i>Felix Herzog, Natalie Aschwanden, Volker Prasuhn, Ernst Spiess, Werner Stauffer und Caroline Wüthrich</i>	
Reduktion der Belastung von Grund- und Oberflächengewässern mit Nährstoffen – Erfolgskontrolle des schweizerischen Agrar-Umweltprogramms .....	90
<i>Klaus Isermann und Renate Isermann</i>	
Scheinbare Retention von Stickstoff (N) und Phosphor (P) sowie „Elimination“ von Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )-Stickstoff in der Landschaft sind keine Bestandteile zur nachhaltigen Sanierung der N- und P-Haushalte von Landschaften oder gar der Oberflächengewässer und des Grundwassers .....	92
<i>Klaus Möller und Markus Müller</i>	
Stützung des Landschaftswasserhaushaltes – Abwasser als Ressource? .....	96
<i>Marco Neubert</i>	
Einfluss der Landbewirtschaftung auf die Sickerwasserqualität im Torgauer Raum – GIS-gestützte, mesoskalige Modellierung und Bewertung des potenziellen Nitrataustrages in Abhängigkeit von der Landnutzungsart und –intensität .....	98
<i>Bernd Siegel und Gerhard Richter</i>	
Vorbeugender Hochwasserschutz – integrierter Bestandteil einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung und Landnutzung .....	101
<i>Olaf Tietje</i>	
Optimal Allocation as a Paradigm to Integrate Evaluation and Modelling .....	104
<i>Rolf Trettin und Kay Knöller</i>	
Elbaue Torgau – Beispielgebiet für die interdisziplinäre Untersuchung von Schlüsselprozessen in Trinkwassergewinnungsgebieten .....	105
<i>Leonardo von Straaten, Siegfried Wilde, Christina von Haaren, Kerstin Hanebeck, Hellmut Thiem und Andreas Rausch</i>	
Multilaterale Kooperation in der Wassergewinnungsregion Nord-Hannover – Modellhafte Entwicklung und Erprobung eines integrierten Schutzgebietsmanagements für das Wasserschutzgebiet „Fuhrberger Feld“ .....	107
<i>Lutz Zerling, Christiane Hanisch und Ansgar Müller</i>	
Flusssedimente: Umlagerung – Verdünnung – Austrag .....	110
<b>4 Autorenverzeichnis .....</b>	<b>115</b>

# **1 Die Veranstalter der Tagung**

## UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Das UFZ – gegründet im Dezember 1991 – hat als erste und einzige Forschungseinrichtung der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) ausschließlich Fragen der Umweltforschung zum Gegenstand. Das Zentrum beschäftigt zur Zeit rund 650 Mitarbeiter (einschließlich Annex-Personal) an den drei Standorten Leipzig, Magdeburg und Halle. Finanziert wird das Zentrum zu neunzig Prozent vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), der Freistaat Sachsen und das Land Sachsen-Anhalt beteiligen sich mit jeweils fünf Prozent.

Gegründet mit Blick auf die stark belastete Landschaft des Mitteldeutschen Raumes ist das UFZ bereits heute ein anerkanntes Kompetenzzentrum für die Sanierung und Renaturierung belasteter beziehungsweise die Erhaltung naturnaher Landschaften – nicht nur für diese Region.

Die Umweltforschung am UFZ wird sich zunehmend global und damit auch international präsentieren. Sowohl zu Nord- und Südamerika als auch zu Osteuropa und dem südlichen Afrika bestehen bereits enge Forschungskontakte. Sie sollen in den nächsten Jahren weiter vertieft werden.

Aufbauend auf eine solide wissenschaftliche Basis wird in interdisziplinären Forschungsverbänden die landschaftsorientierte, naturwissenschaftliche Forschung und Umweltmedizin eng mit den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie mit dem Umweltrecht verbunden. Kulturlandschaften, also vom Menschen genutzte und veränderte Landschaften, mit ihren typischen terrestrischen und aquatischen Ökosystemen und den darin lebenden Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen sollen nachhaltig gestaltet werden. Dem geht ein Verstehen dieser hochkomplexen, vernetzten und dynamischen Systeme voraus, um vorhersagen bzw. abschätzen zu können, wie sich anthropogene Eingriffe – zum Beispiel Flussbegradigungen, Tagebauflutung, Ver- und Entsiegelung von Flächen oder Zergliederung von Landschaften – auf solche Ökosysteme auswirken. Für den jeweiligen Typ von Kulturlandschaft sollen dann dynamische und realisierbare Leitbilder und Umweltqualitätsziele entwickelt und in der Landnutzung umgesetzt werden.

Die Forschung am UFZ ist nicht technikorientiert, jedoch werden technologische Fragen im Rahmen laufender Programme aufgegriffen. Mit der Frage nach technologisch umsetzbaren Forschungsergebnissen seitens der Industrie nimmt auch die wirtschaftliche Bedeutung der Arbeiten am UFZ zu. Der Diskussion um die Vermarktung wissenschaftlicher Ergebnisse kann sich das UFZ nicht entziehen, wird aber andererseits den Forschungsauftrag, der primär auf ökologisch-sozio-ökonomische Verbundforschung abzielt, nicht in Frage stellen.

Am UFZ wird sich Umwelttechnologie schwerpunktmäßig auf umweltbiotechnologische Sanierungsmethoden konzentrieren und, wo dies notwendig ist, auch physiko-chemische Sanierungsmethoden einbeziehen. Mikrobiologische Abbauleistungen sollen in Zukunft nicht nur durch Stress und Adaption der Autochthonen gesteigert, sondern auch gezielt gentechnisch konstruiert werden. Die dazu notwendigen Rahmenbedingungen werden durch die neuen mikrobiologischen Labors geschaffen.

Für das „Scaling-Up“ der Laborergebnisse steht das Umweltbiotechnologische Zentrum (UbZ) zur Verfügung. Dieses hat sich in Bezug auf die gute Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und klein- und mittelständischen Unternehmen (KMUs) gut bewährt. Durch Schulungen und durch gemeinsame Seminare soll ein noch größerer Kreis von KMU's – vorrangig in den neuen Bundesländern – angesprochen werden.

UFZ-Forschung ist damit sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientiert. Sie lässt sich thematisch fünf Forschungsschwerpunkten zuordnen:

- industriell hochbelastete Landschaftsausschnitte – Schadstoffverhalten und Sanierungsstrategien,
- Binnengewässer, Entwicklung und Regeneration,
- Stadtökologie und Stadtentwicklung,
- Biodiversität, Landnutzung und Ressourcenschutz: Naturschutz und Landnutzungsforschung,
- UbZ – Entwicklung und Anwendung biotechnologischer Verfahren.

*Kontaktadresse:*

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Abteilung Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Permoserstraße 15

D-04318 Leipzig

Telefon: + 49 341/235-2278

Telefax: + 49 341/235-2649

e-mail: [hufe@gf.ufz.de](mailto:hufe@gf.ufz.de)

Internet: [www.ufz.de](http://www.ufz.de)



<p><b>STÄBE</b></p> <p>-----</p> <p><b>VERWALTUNG</b></p> <p>Projektträger WTU / Dr. Bischoff</p>		<p><b>Gesellschafterversammlung</b></p> <p>Aufsichtsrat / MinDirig Ziegler</p> <p>Geschäftsführung / Prof. Fritz (Wiss.) • Dr. Blum (Adm.)</p>		<p>Wissenschaftlicher Beirat</p> <p>Wissenschaftlich-technischer Rat</p> <p>Betriebsrat</p>		<p>July 2000</p>			
								<p><b>PROJEKTBEREICHE</b></p> <p>Urbane Landschaften Prof. Breuste</p> <p>Naturnahe Landschaften und Ländliche Räume Dr. Henle</p> <p>Industrie- und Bergbaufolge- landschaften Dr. Weiß</p> <p>Fluss- und Seenlandschaften Dr. Rodé (k.)</p> <p>Umweltbiotechnolo- gisches Zentrum (Ujz)</p>	
								<p><b>SEKTIONEN</b></p> <p>Angewandte Landschafts- ökologie Prof. Körtner (Sprecher)</p> <p>Landschafts- ökologie</p> <p>Geo- information</p> <p>Analytik Dr. Popp (Sprecher)</p> <p>Anorganische Analytik</p> <p>Organische Analytik</p> <p>Mobile Analytik</p> <p>Umwelt- radioaktivität</p> <p>Ökosystem- analyse Prof. Wissel</p> <p>Populations- dynamik</p> <p>Raum-Zeit- Strukturen</p> <p>Nachhaltige Landnutzung</p> <p>Biozönose- forschung Dr. Klotz (k.)</p> <p>Vegetations- kunde</p> <p>Populations- biologie</p> <p>Tierökologie</p> <p>Boden- forschung Prof. Neue</p> <p>Bodenchemie und Bodenbiologie</p> <p>Boden und Wasser</p> <p>Bodennutzung und Bodenschutz</p> <p>Modellierung und Regionalisierung</p> <p>Chemische Ökotoxikologie Prof. Schlüßmann</p> <p>Phytotoxikologie</p> <p>Aquatische Ökotoxikologie</p> <p>Physikalische Umweltchemie</p> <p>Expositions- forschung/ Epidemiologie Prof. Herbarth</p> <p>Expositions- forschung</p> <p>Expositions- beurteilung/ Risikoanalyse</p> <p>Wirkungs- forschung/ Epidemiologie</p> <p>Zentrum für Umweltmedizin und Umwelt- epidemiologie (UMZ)</p> <p>Gewässer- forschung Prof. Geller</p> <p>Stand- gewässer</p> <p>Fließ- gewässer</p> <p>Gewässer- chemie</p> <p>Hydro- geologie Prof. Gläßer</p> <p>Ceologie/ Hydrogeologie</p> <p>Isotopen- hydrologie</p> <p>Aquatische Chemie</p> <p>Hydro- und thermodynamische Modellierung</p> <p>Experimentelle Simulation</p> <p>Sanierungs- forschung Prof. Stottmeister</p> <p>Methoden der mikrobiologischen Sanierung</p> <p>Methoden der physico-chemischen Sanierung</p> <p>Ökologie</p> <p>Physiologie Biochemie</p> <p>Ökogenetik</p> <p>Umwelt- mikrobiologie Prof. Babel</p> <p>Ökonomie, Soziologie und Recht Prof. Hansjürgens</p>	

## Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt

Am Neustädter Brückenkopf zwischen Elbe und Goldenem Reiter steht Dresdens berühmtes Blockhaus, ab 1733 nach Plänen von Zacharias Longuelune, Baumeister zur Zeit Augusts des Starken, als Zollhaus errichtet. 1945 brannte es aus und 1980 konnte es nach Abschluß der Rekonstruktion wieder genutzt werden.

Seit der Wende ist das Gebäude im Besitz des Freistaates Sachsen. Es vereint jetzt unter seinem Dach als Mieter die Sächsische Akademie der Künste, die Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig (Außenstelle) und die Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt mit der Stiftungsverwaltung, dem Sächsischen Naturschutzfonds und der Sächsischen Akademie für Natur und Umwelt.

Die Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt (LaNU) ist eine rechtsfähige Stiftung des öffentlichen Rechts mit Dienstherrnfähigkeit. Ihr Sitz ist Dresden. Stifter ist der Freistaat Sachsen.

Die Stiftung verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke zum Schutz von Natur und Umwelt sowie im Bereich der Umweltbildung. Gefördert werden Stiftungszwecke im Freistaat Sachsen. Insbesondere nimmt die Stiftung Aufgaben nach § 44 Abs. 2 und § 47 Abs. 1 Satz 2 des Sächsischen Naturschutzgesetzes (SächsNatSchG) wahr.

*Die Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt ging aus der 1992 gegründeten Sächsischen Landesstiftung per Änderungsgesetz am 01.01.1998 hervor. Seit 01.04.1999 betreibt die Stiftung auch eine Außenstelle im Schloss Lichtenwalde bei Chemnitz.*

Zu ihren satzungsgemäßen Aufgaben gehören u.a. die Verwaltung des Sächsischen Naturschutzfonds als Sondervermögen, die Unterstützung und Förderung einer Aus- und Fortbildungseinrichtung für Naturschutz und Landschaftspflege im Freistaat Sachsen durch das Betreiben der Sächsischen Akademie für Natur und Umwelt mit den Sächsischen Umweltmobilen, der Aufbau und die Inbetriebnahme des künftigen Nationalpark-Hauses Sächsische Schweiz sowie darüber hinaus die Unterstützung und Förderung weiterer Umweltbildungsaktivitäten im Freistaat Sachsen.

Organe der Stiftung sind der Stiftungsrat und der Stiftungsdirektor (Vorstand). Vorsitzender des Stiftungsrates ist der Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft Steffen Flath. Dem Stiftungsrat gehören der Staatsminister für Finanzen, der Staatsminister für Kultus, zwei Abgeordnete des Sächsischen Landtages sowie ein Vertreter der anerkannten Naturschutzverbände an. Stiftungsdirektor ist Herr Bernd-Dietmar Kammerschen, Leiter der Projektgruppe Landesstiftung beim Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Ein Finanzbeirat und der Beirat zum Nationalpark-Haus „Sächsische Schweiz“ stehen der Stiftung beratend zur Seite.

Die Finanzierung der Stiftung wird weitgehend durch eine institutionelle Förderung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft – welches auch die Rechtsaufsicht wahrnimmt – gewährleistet. Das Stiftungskapital hat einen Umfang von 100 TDM, das Haushaltsvolumen im Jahre 2000 beträgt 2 Mio. DM.

Neben der gesetzlich verankerten institutionellen Förderung stehen der Stiftung Drittmittel zur Verfügung, die sie durch zahlreiche Aktivitäten insbesondere zur Initiierung und Verwirklichung von Umweltbildungsprojekten einwirbt. Einen wesentlichen Beitrag leistet dabei die Deutsche Bundesstiftung Umwelt durch ihre Förderung beim Aufbau des Nationalpark-Hauses „Sächsische Schweiz“.

Der Naturschutzfonds wurde durch das Sächsische Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege ins Leben gerufen und als Sondervermögen bei der Sächsischen Landesstiftung angesiedelt. Aus den Mitteln dieses Fonds, dem u.a. Ausgleichsabgaben aus Eingriffen in Natur und Landschaft zufließen, sollen Bestrebungen und Maßnahmen zum Schutz, zur Erhaltung und Pflege von Natur und Landschaft als natürliche Lebensgrundlage sowie das Verständnis für die Belange des Naturschutzes in Wissenschaft, Bildung und Öffentlichkeit gefördert werden. Maßstab für die Verwendung der Ausgleichsabgaben ist die in § 47 SächsNatSchG festgelegte Zweckbestimmung.

Mit der Erarbeitung der Richtlinie der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt für die Verwendung der Mittel der Ausgleichsabgabe im Naturschutzfonds wurde die Grundlage für die Bewilligung von Fördervorhaben geschaffen. Die Förderrichtlinie wurde mit dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL), dem Finanzbeirat der Stiftung, den Regierungspräsidien, den Landratsämtern und kreisfreien Städten, den Staatlichen Umweltfachämtern, dem Landesamt für Umwelt und Geologie und den nach § 29 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) anerkannten Verbänden abgestimmt und vom Stiftungsrat am 18.12.1998 beschlossen (veröffentlicht im SächsABl am 18.02.1999).

Generell können für Naturschutzprojekte im Freistaat Sachsen Fördergelder des Naturschutzfonds bei der Stiftung beantragt werden, insbesondere wenn in räumlicher Nähe Baumaßnahmen geplant sind, die Ausgleichsabgaben erwarten lassen. Umgekehrt sucht der Fonds seinerseits ständig engagierte Partner, die bereit sind, sich an der Verwirklichung von Naturschutzprojekten finanziell zu beteiligen oder die vielfältigen Fördermöglichkeiten gem. § 47 SächsNatSchG durch ihre Spende zu unterstützen.

Die *Sächsische Akademie für Natur und Umwelt* arbeitet seit 1994 als Umweltbildungseinrichtung im Freistaat Sachsen. Bis zur Überführung in die Landesstiftung am 01.04.1998 war die Akademie Teil der Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung. Im Rahmen der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt ist die Akademie verantwortlich für die konzeptionelle Planung und Koordination der außerschulischen Umweltbildung auf der Ebene des Freistaates Sachsen und unterhält Kontakte zu Umweltbildungseinrichtungen im gesamten Bundesgebiet sowie darüber hinaus. Sie übt derzeit den Vorsitz des Arbeitskreises der staatlich getragenen Bildungsstätten im Natur- und Umweltschutz (BANU) aus.

Die Akademie vermittelt neueste wissenschaftliche Erkenntnisse der verschiedenen Fachbereiche des Umwelt- und Naturschutzes, Informationen zum Umweltrecht und zur Praxis der Umweltverwaltung. Sie wirkt aktiv bei der Vernetzung und dem Erfahrungsaustausch von Umweltbildungseinrichtungen im Freistaat Sachsen und setzt sich für die Förderung der Umweltbildung ein. Des weiteren unterstützt sie die Aufklärung der Öffentlichkeit zum Thema Umwelt- und Naturschutz.

Die Sächsische Akademie für Natur und Umwelt arbeitet mit wissenschaftlichen Institutionen, Ämtern, Zweckverbänden und Bildungseinrichtungen in diesem Fachbereich zusammen. Regelmäßige Veranstaltungen richten sich vor allem an Multiplikatoren. Diese tragen ihrerseits das Ziel – jeden Menschen zu umweltgerechtem Handeln zu bewegen – weiter in die breite Öffentlichkeit.

Ein Schwerpunkt der Veranstaltungstätigkeit in diesem Jahr sind Themen aus dem Bereich Umweltbildung sowie Umwelt und Wirtschaft/Neue Technologie, darunter eine Podiumsdiskussionsreihe zur Gentechnologie in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Hygienemuseum. Weitere Beispiele sind das Forum „Biotechnologie der Zukunft – Ökonomie und Ökologie in Sachsen“, die Veranstaltung „Großschutzgebiete in Sachsen – Probleme und Chancen“, die Fachveranstaltung Naturschutzrecht in Polen, Tschechien und Deutschland (Sachsen) im internationalen Begegnungszentrum St. Marienthal in Ostritz und der Deutsche Landschaftspflegetag. Außerdem gibt es Fortbildungsreihen für Mitarbeiter in der Umweltbildung im außerschulischen Bereich.

Darüber hinaus laufen hier derzeit Aktivitäten der sächsischen Städte und Gemeinden im Rahmen der Lokalen Agenda 21 zusammen. Insgesamt bestreitet die Akademie eine sehr breite Palette mit über 100 Veranstaltungen.

Des weiteren widmet sich die Sächsische Akademie für Natur und Umwelt der Initiierung und Durchführung von *Umweltbildungsprojekten*.

So konnte neben Modellprojekten zu Inhalten und Methoden der Umweltbildung insbesondere ein durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördertes Projekt „Gentechnologie und Umweltbildung“ initiiert werden. Die Ergebnisse des Projektes werden mithelfen, inhaltliche und methodische Unterstützung auch bei der schulischen Bildung zu geben.

Die Sächsische Akademie für Natur und Umwelt betreibt auch die beiden *Umweltmobile*. Lehrer können sachsenweit eines der beiden Umweltmobile buchen. Es handelt sich um Mercedes-Kleinbusse mit Laboreinrichtung zur Untersuchung von Wasser, Boden oder Luft, zur Lärmmessung, Ermittlung von Wetterdaten oder Freilandbeobachtungen usw. Die Umweltmobile Dresden und Lichtenwalde werden in Schulen und öffentlichen Einrichtungen gern und häufig zur Unterstützung der Umweltbildung eingesetzt. Die Umweltmobile helfen Kinder und Jugendliche für das Thema Umweltschutz zu sensibilisieren, Teilnehmer an den Exkursionen beim selbständigen Experimentieren und bei der Naturbeobachtung anzuleiten, Wissen über Ursachen und Auswirkungen von Umweltschäden sowie mögliche Schutzmaßnahmen zu vermitteln und aktives Engagement als Beitrag zur Lösung von Umweltproblemen zu fördern. Die Umweltmobile in Dresden und Lichtenwalde können von allen Schulen des Freistaates Sachsen kostenlos angefordert werden.

Die *Außenstelle der Stiftung im Schloss Lichtenwalde* bei Chemnitz nimmt u.a. die Aufgaben

- eines FÖJ-Trägers im Rahmen des Freiwilligen ökologischen Jahres (FÖJ) wahr mit 26 Einsatzstellen, teilweise mit Modellcharakter im betrieblichen und technischen Umweltschutz sowie in der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit;

- eines Trägers für das Qualifikationsjahr für die Umwelt (ESF-gefördert) wahr, das für von der Arbeitslosigkeit bedrohte ehemalige FÖJler mit dem Ziel einer weiteren beruflichen Qualifizierung in umweltrelevanten Berufsfeldern gedacht ist, und
- organisiert Veranstaltungen mit regionalem Bezug sowie Einsätze eines Umweltmobils.

In der Außenstelle der Landesstiftung befindet sich auch die Umweltbibliothek des Landkreises Freiberg. Darüber hinaus werden Wechselausstellungen zum Natur- und Umweltschutz bzw. zur Stiftungs- und Umweltbildungsarbeit auf der Ausstellungsfläche gezeigt.

Anlässlich des 10jährigen Bestehens des Nationalparks Sächsische Schweiz soll im Frühjahr 2001 das *Nationalpark-Haus* seiner Bestimmung übergeben werden. Dank der finanziellen Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und den Freistaat Sachsen können die baulichen Voraussetzungen sowie die inhaltliche und konzeptionelle Entwicklung für das Nationalpark-Haus als Umweltinformations- und Besucherzentrum sowie Begegnungs- und Bildungsstätte in der Nationalparkregion Sächsische Schweiz geschaffen werden.

Im ehemaligen Kino in Bad Schandau sollen in einem offenen Raumgefüge auf drei Etagen insgesamt ca. 1.400 Quadratmeter Nutzfläche mit Empfangs- und Informationszentrum, Ausstellungs-, Vortrags- und Aktionsbereichen entstehen. Über Infosäulen, Übersichtskarten, Computersysteme, eine anspruchsvolle Dauerausstellung und eine zentrale Dia-Ton-Multimedia-Schau werden die Bewohner der Nationalparkregion, Urlauber, Touristen und Natursportfreunde über die Ziele und Probleme des Naturschutzes in der Sächsischen Schweiz informiert. Dabei sollen – mit Blick auf das in Zusammenarbeit mit der Tschechischen Republik angestrebte Großschutzgebiet Sächsisch-Böhmische Schweiz innerhalb der Euroregion Elbe/Labe – auch tschechische Besucher erreicht werden. Alle wesentlichen Informationen wird das künftige Nationalpark-Haus deshalb zusätzlich auch in tschechischer und englischer Sprache anbieten.

*Kontaktadresse:*

Dr. Hans-Joachim Gericke  
Leiter der Sächsischen Akademie für Natur und Umwelt  
Blockhaus Dresden  
Neustädter Markt 19  
01097 Dresden  
Telefon: + 49 351/81416774  
Telefax: + 49 351/81416775  
e-mail: Poststelle@lanu.smu.sachsen.de

## **2 Referate**

## **2.1 Ziele nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung**

## **Management von Wasserressourcen im Einzugsgebiet der Weißen Elster und der Vereinigten Mulde – neue Aufgaben durch die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie**

Martin Socher

Wasserwirtschaftliches Management bedeutet die Bewirtschaftung der Gewässer nach Menge und Beschaffenheit im Gesamteinzugsgebiet unter Berücksichtigung der unmittelbar vom Gewässer abhängenden Feuchtbiotope.

Dieses weitgehende Paradigma wird durch die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) verbindlich festgelegt. Die weitreichenden – und auch auf andere Politikfelder übergreifenden – Festlegungen der WRRL führen dazu, dass Nutzungen und tradierte Bewirtschaftungsmuster einer umfassenden Neubewertung unterzogen werden müssen. Um den aktuellen und perspektivisch zu erzielenden „guten ökologischen Zustand“ beschreiben zu können, bedarf es einer umfassenden Analyse des biologischen, physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Zustandes der Gewässer. Nutzungen sind zu beschreiben und Konfliktpotenziale herauszuarbeiten. Mit der Umsetzung der WRRL in nationales und Landesrecht wird die Komplexität wasserwirtschaftlichen Managements zunehmen. Dabei werden die verschiedenen Funktionen des Wassers als Umweltkompartiment, Medium, Wirtschaftsgut und Kulturgut integriert zu betrachten sein.

Die großen Fließgewässer im Regierungsbezirk Leipzig – die untere Weiße Elster und die Vereinigte Mulde – weisen komplexe wasserwirtschaftliche Bewirtschaftungsmuster auf, deren Verständnis eine unabdingbare Voraussetzung für die Erarbeitung von Managementplänen ist.

Insbesondere die vielfältigen Wechselwirkungen mit der Mitteldeutschen Braunkohlefolgelandschaft, die geogen und anthropogen bedingten Vorbelastungen aus dem Oberlauf, die gestiegenen ökologischen Ansprüche hinsichtlich des Erhaltes bzw. der Revitalisierung der Auenlandschaften sowie die Nutzungen zur Trinkwasser- und Brauchwassergewinnung stellen erhöhte Anforderungen an ein wasserwirtschaftliches Management unter Berücksichtigung siedlungswasserwirtschaftlicher Randbedingungen.

Dazu werden erste Ergebnisse vorgestellt und ein Ausblick auf künftige Arbeiten gegeben.

# **Entscheidungsorientierte Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung – empirische Analyse für die öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Sachsen**

Edeltraud Günther und Heiko Schuh

## **1 Nachhaltige Entwicklung und die natürliche Ressource Wasser**

Der Begriff des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung wird seit einigen Jahren insbesondere in Politik und Wissenschaft verstärkt als Konzept für die gleichzeitige Lösung von Problemen verwendet, die verschiedenen Zielkategorien und deren Wechselwirkungen zugeordnet werden können. Diese Probleme sind hauptsächlich

- aus ökologischer Sicht knapper werdende natürliche Ressourcen hinsichtlich Quantität und Qualität und damit verbunden die Reduzierung der Funktionen der natürlichen Umwelt,
- aus sozialer Sicht nationale und internationale Spannungen und nicht zuletzt
- ökonomische Probleme in Form von steigendem Wettbewerbs- und Kostendruck.

Darüber hinaus gilt es, den daraus resultierenden Handlungsbedarf in politischen und unternehmerischen Entscheidungen umzusetzen.

Aufgrund der lebenswichtigen Bedeutung der natürlichen Ressource Wasser kommt deren langfristiger Sicherung eine zentrale Bedeutung zu. Die Problematik wird hier verstärkt u.a. durch steigende Qualitätsanforderungen, den Verbrauchsrückgang in den letzten Jahren, grundlegende Strukturveränderungen, die Altlastenproblematik und resultierende Kosten- und Entgeltsteigerungen in Verbindung mit einer angespannten Arbeitsmarktsituation. Damit liegt die Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung für die Bewirtschaftung der Gewässer und deren Nutzung nahe. Voraussetzung dafür ist, dass die relevanten Entscheidungsträger das zugrundeliegende Lösungskonzept in Form einer nachhaltigen Entwicklung kennen und damit umzugehen wissen. Hinsichtlich dieser Voraussetzungen für die Umsetzung einer solchen nachhaltigen Entwicklung bei Entscheidungsträgern wurde durch die Professur für Betriebliche Umweltökonomie der Technischen Universität Dresden eine empirische Untersuchung als schriftliche Vollerhebung mittels Fragebogen bei allen relevanten Entscheidungsträgern im entsprechenden Bereich im Freistaat Sachsen durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung bestand in der Analyse der derzeitigen realen Situation. Im Mittelpunkt standen somit

- die Kenntnis und das Verständnis des Begriffs einer nachhaltigen Entwicklung bei der Menge der relevanten einzelnen Entscheidungsträger,
- deren Ziele,
- die derzeitige Einbindung bzw. die Möglichkeit der Einbindung des Ziels und der Bausteine einer nachhaltigen Entwicklung in Entscheidungsprozesse bzw. -strukturen und
- eine Einschätzung der derzeitigen Umsetzung und der Probleme bei der Umsetzung.

Von den angesprochenen 416 Einrichtungen antworteten 226 Einrichtungen, was einer Antwortquote von 54,3 % entspricht. Davon sandten 202 Einrichtungen bearbeitete und auswertbare Fragebögen zurück. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 48,5 %. Damit kann von aussagefähigen Ergebnissen ausgegangen werden. Darüber hinaus ist die Zusammensetzung der Stichprobe, bezogen auf die untersuchten Aufgabenbereiche Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Gewässerschutz als auch die Größe der Einrichtungen sehr heterogen. Deshalb können mögliche Struktur bedingte Verzerrungen der Auswertungsergebnisse ausgeschlossen werden.

## 2 Ausgewählte Untersuchungsergebnisse

Ausgehend von den gegebenen Antworten konnten Ergebnisse zu verschiedenen Problembereichen abgeleitet werden. Dabei wurden auch statistische Testverfahren zur Fundierung der Auswertungsergebnisse und deren Signifikanz angewendet. Im Mittelpunkt der Auswertung standen dabei die folgenden Bereiche:

- *Anspruchsgruppen und deren Einfluss auf Entscheidungen.* Den verschiedenen Anspruchsgruppen wird unterschiedliche Bedeutung beigemessen. Besonders starker Einfluss wird dem Land Sachsen zugestanden. Den Kunden, d.h. der Anspruchsgruppe mit dem direktesten Kontakt zum Erzeugnis der Einrichtungen als deren Existenzgrundlage, wird nur mittlerer Einfluss zugestanden.
- *Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung.* Eine umfassende und einheitliche Kenntnis des Begriffs und der Inhalte einer nachhaltigen Entwicklung ist nicht auf allen relevanten Entscheidungsebenen vorhanden.
- *Wirkungen einer nachhaltigen Entwicklung auf das Zielsystem.* Ziele der jeweiligen Entscheidungsträger bilden den Ausgangspunkt für begründbare und nachvollziehbare Entscheidungen und daraus folgende Aktivitäten von Personen und Einrichtungen (Bamberg und Coenenberg 1996, S. 25). Die Kenntnis des Begriffs einer nachhaltigen Entwicklung als Voraussetzung für die Zielbildung ist dabei abhängig von der Größe der jeweiligen Einrichtung hinsichtlich der Anzahl der zu versorgenden Einwohner und der Anzahl der Mitarbeiter. In größeren Einrichtungen ist die Kenntnis des Begriffs weiter verbreitet.
- *Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung.* Die Tatsache gesteigerter ökologischer und sozialer Engagements vieler Einrichtungen zeigt die Möglichkeit einer Einbeziehung dieser Ziele. Trotzdem kommt ökonomischen Zielen aufgrund der limitierenden Wirkungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit von Zielen und Entscheidungen höchste praktische Bedeutung zu.
- *Organisatorische Strukturen und Wirkungen einer Privatisierung* in verschiedenen Formen auf eine nachhaltige Entwicklung. Die Organisationsform hat Einfluss auf verschiedene Wirkungen hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung. Eine mögliche Privatisierung in verschiedenen Formen ist daher stets in Abhängigkeit von den resultierenden Wirkungen auf diese Entwicklung zu beurteilen.
- *Instrumente der Steuerung und Kontrolle* sowie deren Anwendung. Aufgrund der relativ umfangreichen gesetzlichen Rahmenbedingungen in den relevanten Bereichen kann die

Überzeugung der eingebundenen Akteure resultieren, bereits durch die Erfüllung der Gesetze den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung nachzukommen. Dies korrespondiert wiederum mit deren Zuweisung der Verantwortung für die Umsetzung an die öffentlichen Institutionen in Form des Landes Sachsen, der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Union.

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Die zukünftige Ausgestaltung von Entscheidungen hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung wird neben den Anwendungsvoraussetzungen bei den jeweiligen Entscheidungsträgern auch durch die Gestaltung der Rahmenbedingungen beeinflusst. In der aktuellen Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen der öffentlichen Wasserwirtschaft zeigen sich insbesondere zwei Tendenzen:

Einerseits erfolgt eine verstärkte Integration marktwirtschaftlicher Ansätze in rechtlichen Rahmenbedingungen (§ 57 (3) und § 63 (4) Sächsisches Wassergesetz vom 21.07.1998). Andererseits erhält eine umfassende Entscheidungsvorbereitung zusätzliche Aktualität durch die Tendenzen zur Berücksichtigung der Zieltrias einer nachhaltigen Entwicklung in der Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Wasserrahmenrichtlinie), die nach einigen Verzögerungen nun voraussichtlich Ende des Jahres 2000 in Kraft treten soll (Umweltbundesamt 2000). Damit soll im Rahmen einer angestrebten einheitlichen Länder übergreifenden Vorgehensweise innerhalb der Europäischen Union die Einbeziehung sozialer, ökologischer und ökonomischer Auswirkungen in Entscheidungen gewährleistet werden. Mit dieser Richtlinie und deren erforderlicher Umsetzung wird auch der zunehmende Einfluss der Europäischen Union und deren Vorgabe von rechtlichen Rahmenbedingungen für die Bewirtschaftung der Gewässer und die Nutzung der natürlichen Ressource Wasser in der Bundesrepublik Deutschland deutlich. Die Europäische Union kann somit das deutsche Wasserrecht maßgeblich beeinflussen.

### Literatur

- Bamberg, G., Coenenberg, A.G. (1996) Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 9., überarbeitete Auflage, München
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) in der Neufassung vom 21.07.1998
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2000) EG-Wasserrahmenrichtlinie. Online im Internet:  
[http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl\\_chronologie.htm](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/wrrl_chronologie.htm) (Abruf 2.03.2000, 12.50 Uhr)

## **Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung: Probleme und Lösungskonzepte**

Helga Horsch

Die Thematik der Tagung ist – wie im Vorwort bereits erwähnt – Gegenstand des UFZ-Projektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung<sup>1</sup> im Elbeinzugsgebiet“, das seit 1997 bearbeitet und Ende dieses Jahres abgeschlossen wird.

Es ist auf Nutzungskonflikte zwischen Naturressourcenschutz und wirtschaftlicher Entwicklung fokussiert. Schwerpunkte des Naturressourcenschutzes sind der Schutz von Grundwasser und Natur als Aspekte einer multifunktionalen Landschaft mit ihren konkurrierenden Nutzungsansprüchen. Nutzungskonflikte zwischen Naturressourcenschutz und wirtschaftlicher Entwicklung sind zwar von ökonomischer Relevanz und Gegenstand ökonomischer Umweltforschung, aber gerade im Kontext konkurrierender Nutzungsansprüche an öffentliche Naturgüter sind Lösungsansätze, die ökonomische und ökologische Aspekte integrieren, unabdingbar. Mit dem am UFZ verfolgten Forschungs- und Lösungsansatz wird zugleich einer Forderung entsprochen, die in letzter Zeit verstärkt sowohl von Naturwissenschaftlern als auch von Fachbehörden zu Fragen eines nachhaltigen Naturressourcenmanagement erhoben wird.

Im Rahmen des UFZ-Projektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung“ wurden Lösungskonzepte in folgenden beiden Richtungen entwickelt:

1. ein Verfahren zur integrierten ökologisch-ökonomisch-sozialen Bewertung von Handlungsalternativen zum Konflikt zwischen Naturressourcenschutz und wirtschaftlicher Entwicklung sowie
2. Modelle und Instrumente für die Vervollkommnung und Entwicklung von Anreizsystemen zur Umsetzung von Strategien einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung und Landnutzung.

Das Verfahren zur integrierten Bewertung von politischen Handlungsoptionen zum Konflikt zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung ist als Entscheidungshilfe für ein regionales Wasserressourcenmanagement geeignet (Horsch und Ring 1999). Dabei sind folgende Arbeitsschritte konzipiert: Ausgehend von in der Region relevanten politischen Handlungsoptionen sind Szenarien für Landnutzungsänderungen abzuleiten. Um die szenarienzugehörigen ökologischen und sozioökonomischen Auswirkungen abschätzen zu können, sind zum Einen ökologische Modelle und zum Anderen ökonomische Modelle erforderlich, die möglichst die Interaktion ökologischer und sozioökonomischer Systeme erfassen sollten. Die Ergebnisse der ökologischen und ökonomischen Simulationsrechnungen sind Grundlage der Bewertung, die auf einer monetarisierten Effekte einschließenden, multikriteriellen Ent-

---

<sup>1</sup> Der Terminus Landnutzung wird in Anlehnung an die internationale Klassifikation durch die Weltbank verwendet. Die Landnutzung umfasst die naturgegebenen Ökosysteme (natural ecosystems), die Forst-, Land- und Fischwirtschaft (managed ecosystems) und die Siedlungs- sowie Verkehrsflächen (settlement and related uses of ecosystems) (Pieri et al. 1995).

scheidungsanalyse basiert. Sie soll den Entscheidungsprozess der regionalen Akteure unter den Bedingungen von Nutzungskonflikten unterstützen.

Des Weiteren wurde untersucht, inwieweit die ökonomischen Rahmenbedingungen zur Förderung Ressourcen schonender Landnutzungen modifiziert werden müssen. Insbesondere werden Vorschläge zur Finanzierung von Leistungen für den Schutz von Grundwasser, Natur und Landschaft unterbreitet. Schließlich werden auch die Möglichkeiten und Grenzen der aus dem Naturressourcenschutz resultierenden Effekte für eine wirtschaftliche Entwicklung der Region aufgezeigt.

Die Bewertungsmethoden und methodischen Instrumentarien, die auf der Tagung vorgestellt werden, wurden in Zusammenarbeit von Ökonomen und Naturwissenschaftlern des UFZ entwickelt. Unter Leitung der Abteilung Ökologische Ökonomie und Umweltsoziologie (ÖKUS)<sup>2</sup> des UFZ arbeiteten Wissenschaftler der Abteilung ÖKUS, der Sektionen Angewandte Landschaftsökologie, Ökosystemanalyse, Hydrogeologie und Bodenforschung gemeinsam an der Lösung des Problems.

Die entwickelten Methoden und Instrumente wurden beispielhaft für eine ländliche Region, die nordöstlich von Leipzig in der Elbtalwanne gelegen ist, angewendet. Sie ist vor allem durch konkurrierende Nutzungsinteressen zwischen dem Gewässerschutz für die Trinkwasserversorgung und der Flächennutzung für wirtschaftliche Entwicklung sowie zwischen der Landbewirtschaftung und dem Natur- und Artenschutz geprägt. Es werden für die Beispielregion relevante Handlungsalternativen abgeleitet und bewertet sowie die umweltpolitischen Voraussetzungen aufgezeigt, die für die Umsetzung von Handlungsalternativen in Richtung Nachhaltigkeit erforderlich sind.

Abschließend muss trotz bereits erzielter, anwendungsorientierter Lösungen konstatiert werden, dass auch weiterhin noch mit der Vervollkommnung des methodischen Instrumentariums und seiner Anwendung zusammenhängende Fragen offen bleiben und Gegenstand künftiger Forschung sein müssen (Geller 1999, Horsch und Messner 1999).

## Literatur

- Geller, W. (Hrsg.) (1999) Flußeinzugsgebietsmanagement. UFZ-Bericht 31 und 32/1999. Leipzig
- Horsch, H., Ring, I. (Hrsg.) (1999) Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung - Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet. UFZ-Bericht 16/1999. Leipzig
- Horsch, H., Messner, F. (1999) Sozioökonomischer Forschungsbedarf im Ergebnis des Workshops „Flußeinzugsgebietsmanagement und Sozioökonomie“. In: Horsch, H., Messner, F., Kabisch, S., Rode, M. (1999) Flußeinzugsgebietsmanagement und Sozioökonomie: Konfliktbewertung und Lösungsansätze. UFZ-Bericht 30/1999. Leipzig, 203-214
- Pieri, C., Dumanski, J., Hamblin, A., Young, A. (1995) Land Quality Indicators. The World Bank. Washington, D.C.

---

<sup>2</sup> Seit Juli 2000 hat die Abteilung den Status einer Sektion unter der Bezeichnung „Ökonomie, Soziologie und Recht“.

## Neuer Studiengang: Landnutzung und Wasserbewirtschaftung

Reinhard F. Hüttl und Bernd Uwe Schneider

Der an einer deutschen Universität bislang einmalige Studiengang *Landnutzung und Wasserbewirtschaftung* zielt auf die Ausbildung eines grundsätzlich neuartigen Typs von Ingenieuren bzw. Managern für den ländlichen Raum. Dieser soll in der Lage sein, Konfliktfelder, die sich aus veränderten Ansprüchen an die Landnutzung ergeben, analytisch und praktisch zu bearbeiten. Die Aufgabengebiete reichen hier von Land- und Forstwirtschaft, der Wasserbewirtschaftung und dem Tourismus bis hin zur Erzeugung, Verarbeitung und Vermarktung nachwachsender Rohstoffe, dem Natur- und Umweltschutz sowie dem Sachverständigenwesen für Bodenschutz und Altlasten.

Der Studiengang orientiert sich an den Erfordernissen zukunftsfähiger Formen der Land- und Wasserbewirtschaftung im ländlichen Raum mit regionalem und internationalem Bezug. Beispielhaft ist hier die neue Europäische Wasserrahmenrichtlinie zu nennen, die völlig neue Optionen eröffnet. Die Bedeutung eines Studienganges im Bereich Landnutzung und Wasserbewirtschaftung wurde gerade vor dem Hintergrund der regionalen Strukturprobleme des ländlich geprägten Brandenburgs schon länger erkannt. Diese Probleme sind aber nicht brandenburgspezifisch, sondern werden europaweit und darüber hinaus angetroffen.

Der Schwerpunkt Wasserbewirtschaftung und die stark praxisorientierte Hinführung zur Gutachtertätigkeit im Bereich Bodenschutz und Altlasten stärken die Profilierung des Studiums besonders im Hinblick auf die Anforderungen des neuen Bundesbodenschutzgesetzes sowie der neuen Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Hierbei spielt die Verknüpfung mit urbanen Gebieten, wie z.B. der Metropole Berlin und den daraus resultierenden Anforderungen an den ländlichen Raum, insbesondere auch an die Ressource Wasser, eine hervorgehobene Rolle.

Vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen in einem dünnbesiedelten Flächenstaat soll mit der Einrichtung dieses Studienganges eine bestmögliche Nutzung vorhandener wissenschaftlicher Ressourcen geschaffen werden. Der Studiengang will hierbei insbesondere die Voraussetzungen für den Innovationstransfer in die Wirtschaft und für die Gründung innovationsorientierter Unternehmen mit befördern. Dabei ist die Kooperation mit außerhochschulischen Forschungseinrichtungen ein wesentliches Element des wissenschaftspolitischen Konzepts dieses Studiengangs.

Zudem soll die Internationalität gefördert werden. Internationalität des Studiums, die sich durch Modularisierung, ECTS<sup>1</sup>, englischsprachige Veranstaltungen usw. manifestiert, ist selbstverständlicher Bestandteil des Studienkonzepts. Ausgehend von einem konkreten regionalen Bezugspunkt wird den Studierenden auch die zukünftige Arbeit im Ausland selbstverständlich sein. Gute Kontakte zu Einrichtungen im Ausland werden diesen Ansatz frühzeitig mit Auslandspraktika unterstützen.

---

<sup>1</sup> im Aufbau befindliches internationales Anerkennungssystem für Studienleistungen

## **2.2 Integrierte Bewertungsverfahren zur Ableitung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung**

# **Integriertes Bewertungskonzept und seine beispielhafte Anwendung auf den Nutzungskonflikt zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung**

Frank Messner, Bernd Klauer, Martin Drechsler und Helga Horsch

## **1 Integriertes Bewertungskonzept**

Im Kontext des Forschungsprojektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet“ wurde ein Nutzungskonflikt zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung im ländlichen Raum des ehemaligen Landkreises Torgau<sup>1</sup> bei Leipzig untersucht. Zur Bewertung dieses Konfliktes, aber auch zur Bewertung und Unterstützung von Nutzungsentscheidungen in anderen Konfliktsituationen, wurde im Rahmen des Projektes ein integriertes Bewertungskonzept entwickelt, das die relevanten ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekte weitgehend einbezieht und das generell zur Bewertung bzw. zur Entscheidungsunterstützung von Nutzungskonflikten eingesetzt werden kann. Das Bewertungskonzept lässt sich in vier Schritten beschreiben.

Im ersten Schritt werden in Zusammenarbeit mit den Akteuren des Untersuchungsraums die möglichen Handlungsalternativen ermittelt. Es wird offengelegt, welche Handlungsfelder mit welchen Handlungsoptionen zur Konfliktlösung im Untersuchungsraum zur Verfügung stehen und welche relevanten Handlungsalternativen sich aus der Kombination der verschiedenen Handlungsoptionen ergeben. Weiterhin sind sogenannte Entwicklungsrahmen zu definieren, die mögliche Entwicklungen der Rahmenbedingungen berücksichtigen, die von den Akteuren der untersuchten Region nicht beeinflusst werden können. Eine Handlungsalternative unter den Bedingungen eines ausgewählten Entwicklungsrahmens wird als Szenario bezeichnet. Am Ende von Schritt eins liegt ein Set von Szenarien vor, das Gegenstand von Bewertung und Entscheidung ist. In Schritt zwei werden Indikatoren und Kriterien festgelegt, anhand derer die wichtigsten ökonomischen, ökologischen und sozialen Effekte der Szenarien gemessen und bewertet werden sollen. In Schritt drei werden schließlich die Szenarioeffekte mit Hilfe von sozioökonomischen und naturwissenschaftlichen Modellierungen und Prognoseverfahren abgeschätzt. Zur Berücksichtigung von Unsicherheiten wird jeweils eine Schwankungsbreite des wahrscheinlichsten Wertes ermittelt. Im Schritt vier werden die Szenarioeffekte schließlich bewertet. Im Zentrum der Bewertung steht die ökonomische Standardmethode der Nutzen-Kosten-Analyse, mit der möglichst viele Szenarioeffekte in monetären Wohlfahrtseinheiten erfasst werden. Da nicht alle Effekte in Geldgrößen ausgedrückt werden können und eine Aggregation nicht in allen Fällen ausreichend oder sinnvoll ist, werden die zusätzlichen Bewertungskriterien, die bereits in Schritt zwei festgelegt wurden, angewendet. Die abschließende Bewertung bzw. Entscheidungsermittlung über die Handlungsalternativen findet mit Hilfe von multikriteriellen Methoden statt, wobei alle gewählten Bewertungskriterien einbezogen werden. Letztlich kann auf Grundlage der Festlegung von

---

<sup>1</sup> Das Untersuchungsgebiet wird im Folgenden als „Torgauer Raum“ bezeichnet.

Gewichten, die von den Entscheidern oder bewertenden Personen bestimmt werden, eine Rangfolge der Handlungsalternativen für jeden Entwicklungsrahmen ermittelt werden.

## **2 Anwendung des Bewertungskonzeptes auf den Torgauer Raum**

Im Torgauer Raum besteht ein Nutzungskonflikt zwischen dem Schutz von Trinkwasserressourcen, die reichlich in guter Qualität vorhanden sind und die zur Fernwasserversorgung verwendet werden, und den wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten in der Region. Angesichts der abnehmenden Wassernachfrage in den neuen Bundesländern, die seit der Wende zu beobachten ist, wurde von Seiten der Wirtschaft und der Wirtschaftsförderung im Torgauer Raum zunehmend eine Reduzierung der Trinkwasserschutzgebiete (TWSG) gefordert, da durch den Wegfall der Ressourcenschutz bezogenen Nutzungsrestriktionen deutliche ökonomische Vorteile für die wirtschaftliche Entwicklung erwartet wurden. So entfallen mit den betroffenen TWSG die Nutzungsbeschränkungen für Landwirte, die Infrastrukturkosten in den Bereichen Straßenbau, Kanalbau, Heizölanlagen und Tankstellen sinken, während nicht zuletzt die Genehmigung von Kiesabbaustätten, die im Raum Torgau reichlich und in guter Qualität vorliegen, erleichtert werden. Problematisch ist hinsichtlich der Reduzierung der TWSG, dass durch eine intensivere Landwirtschaft die Nitratbelastung von Boden und Grundwasser steigt und die natürlichen, nicht erneuerbaren Denitrifikationspotenziale des Grundwasserleiters und des Bodens stärker in Anspruch genommen werden, während ein zunehmender Kiesabbau mit hohen Transport bedingten Emissionsbelastungen verbunden ist. Es stellte sich zu Projektbeginn 1997 damit die Frage, ob eine TWSG-Reduzierung aus Sicht der Region vorteilhaft ist oder nicht.

In Anwendung des Bewertungskonzeptes auf diesen Nutzungskonflikt wurden im ersten Schritt die Handlungsfelder und Handlungsalternativen bestimmt. Das wesentliche Handlungsfeld im Untersuchungsraum war der Trinkwasserschutz mit den Optionen, die TWSG zu reduzieren oder sie beizubehalten. Ein nachgeordnetes Handlungsfeld war die Entscheidung über Anträge auf den Aufschluss neuer Kiesabbaustätten. Zwei Kiesabbaustätten waren im Genehmigungsverfahren bereits sehr weit fortgeschritten, die eine lag im TWSG, die andere außerhalb. Sollte das TWSG reduziert werden, war eine Genehmigung der Kiesstätte innerhalb des (früheren) TWSG wahrscheinlich, während bei Beibehaltung des TWSG eine Genehmigung der anderen Stätte zu einem späteren Zeitpunkt erwartet werden konnte. Als Handlungsoptionen für die Kiesgenehmigung wurde unterstellt, dass entweder generell zusätzliche Genehmigungen ausgesprochen werden und die Kiesunternehmen gemäß Marktlage den Abbau beginnen, oder dass entweder weitere Genehmigungen aus anderen Gründen nicht ausgesprochen bzw. die Genehmigungen von den Kiesunternehmen nicht wahrgenommen werden. Auf diese Weise ergaben sich vier Handlungsalternativen: 1. keine Reduzierung TWSG und zusätzliche Kieslagerstättenaufschlüsse (außerhalb TWSG), 2. Reduzierung TWSG und zusätzliche Kieslagerstättenaufschlüsse (im TWSG), 3. keine Reduzierung TWSG und keine zusätzlichen Kieslagerstättenaufschlüsse und schließlich 4. Reduzierung TWSG und keine zusätzlichen Kieslagerstättenaufschlüsse. Diese vier Handlungsalternativen wurden im Lichte verschiedener Entwicklungsrahmen betrachtet, wobei jeweils unterschiedliche

Entwicklungen z.B. in Bezug auf allgemeines Wirtschaftswachstum, Kiesnachfrage und Fernwassernachfrage angenommen wurden, so dass sich daraus ein Set von Szenarien ergab. Als Zeithorizont der Untersuchungen wurde die Zeitspanne 1993-2030 zugrunde gelegt, um einerseits langfristige naturwissenschaftliche Effekte noch erfassen zu können und andererseits die Grenzen der Aussagefähigkeit zu sozioökonomischen Effekten nicht zu überschreiten.

Zur Messung und Bewertung der wahrscheinlichen Szenarioeffekte wurden im zweiten Schritt Indikatoren und Bewertungskriterien festgelegt. Als wichtige Indikatoren, die als Messgrößen für Szenarioeffekte zu verstehen sind, wurden u.a. die Kiesproduktion im Torgauer Raum, die Kiespreisentwicklung, die Grundwasserentnahme, die Grundwasserneubildung, die Fernwassernachfrage, die Nitrateinträge durch die Landwirtschaft, die biologischen Veränderungen durch Kiesabbau und spätere Rekultivierung, die Beschäftigungswirkungen, die Einkommenswirkungen, die Emissionen aus Kiestransport, die Infrastrukturkosten, die landwirtschaftliche Produktion und andere mehr festgelegt. Auf Grundlage dieser Indikatoren wurden folgende Bewertungskriterien abgeleitet: regionale kumulative Nettonutzendifferenz bis 2030, kumulatives Einkommen in der Region bis 2030, kumulative Beschäftigung in der Region bis 2030, Grundwasserneubildung minus Grundwasserentnahme in 2030, Nitratkonzentration im Sickerwasser in 2030 und naturschutzfachliche Bewertungskriterien für die langfristigen Wirkungen des Kiesabbaus.

Die Szenarioeffekte in Form von Indikatorwerten wurden im dritten Schritt durch ökonomische und naturwissenschaftliche Modellierungen und Prognoseverfahren abgeschätzt, wobei jeweils ein wahrscheinlichster Wert mit einer durch Unsicherheit bedingte Schwankungsbreite errechnet wurde. Verwendet wurden dabei insbesondere ein ökonomisches Input-Output-Modell zur Ermittlung der Beschäftigungs- und Einkommenswirkungen, ökonomische Sektoranalysen und –prognosen zur Abschätzung von Produktionsmengen in Landwirtschaft, Kieswirtschaft und Wasserwirtschaft, biologische Prognosen zur Abschätzung der Wirkungen des Kiesabbaus auf Natur und Landschaft, das Grundwasserneubildungsmodell ABIMO sowie das Modell CANDY zur Errechnung der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser (vgl. Klauer und Volk et al. in diesem Bericht).

Diese Ergebnisse flossen im vierten Schritt in die Bewertung ein. Die monetarisierbaren Effekte wurden in 13 Modulen im Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse ermittelt und zu einer monetären Größe, die als regionale kumulierte Nettonutzendifferenz bezeichnet wurde, aggregiert, die ein wichtiges Bewertungskriterium darstellt. Die anderen Modellierungsergebnisse lieferten die Datengrundlage für die anderen, in Schritt 2 abgeleiteten Bewertungskriterien. Die Ergebnisse zu allen Bewertungskriterien wurden mit Hilfe von multikriteriellen Analysemethoden in einer Weise verarbeitet, dass ein Ranking der Handlungsalternativen für die verschiedenen Entwicklungsrahmen ermittelt wurde. Dabei wurde in Bezug auf die Gewichtung der Kriterien so vorgegangen, dass eine Vielzahl von Präferenzen und entsprechenden Kriteriengewichtungen in die Ergebnisfindung einging.

### 3 Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Abstracts ist die Ergebnisauswertung noch in vollem Gange, so dass verbindliche Endergebnisse noch nicht vorliegen. Nichtsdestotrotz können hier vorläufige Erkenntnisse präsentiert werden, die allerdings später im Vortrag noch präzisiert werden müssen. Aus der Analyse der wahrscheinlichsten Werte (ohne Einbeziehung von unsicherheitsbedingten Schwankungsbreiten) scheint sich anzudeuten, dass die Handlungsalternativen, die eine Reduzierung des TWSG vorsehen, nicht in jedem Fall vorzuziehen sind. So ergaben die Untersuchungen u.a., dass der Kiesabbau in der Lagerstätte außerhalb des TWSG aufgrund der besseren Kieskörnung als profitabler einzuschätzen ist, obwohl die Lagerstätte im TWSG eine höhere Kiesmächtigkeit aufweist. Damit kann der Kiesabbau nicht als Argument für eine TWSG-Reduzierung angesehen werden (vgl. Beitrag Geyley und Messner). Gegen die TWSG-Reduzierung spricht auch die Nitratkonzentration im Sickerwasser, die sich nach Aufhebung der Nutzungsrestriktionen und nach einer entsprechenden Anpassung in Richtung intensiverer Landwirtschaft ganz deutlich verschlechtern würde (vgl. Volk et al. in diesem Bericht). Für eine TWSG-Reduzierung sprechen hingegen mögliche Einkommensverbesserungen der Landwirte und Kostenentlastungen im Bereich Infrastruktur.

Ein weiteres interessantes Ergebnis scheint sich derzeit hinsichtlich der drei sozioökonomischen Kriterien Wohlfahrt, Beschäftigung und Einkommen abzuzeichnen, die keineswegs in der Tendenz ähnliche, sondern bisweilen diametral abweichende Ergebnisse aufweisen. Zu erklären ist diese Konstellation damit, dass nicht alle ökonomischen Tätigkeiten, die z.B. stark beschäftigungsfördernd sind, gleichzeitig auch große Wohlfahrtsgewinne für Produzenten, Konsumenten und die Region erbringen. Schon aus rein ökonomischer Sicht bekräftigen diese Ergebnistendenzen das gewählte methodische Vorgehen, nicht nur das gemäß ökonomischer Standardtheorie allein zu wählende Wohlfahrtskriterium zur Bewertung zu Grunde zu legen, sondern weitere Kriterien einzubeziehen.

Ferner hat die bisherige multikriterielle Analyse gezeigt, dass die Ergebnisse qualitativ aussagefähigere Informationen hervorbringen als eine herkömmliche Nutzen-Kosten-Analyse. So können zusätzlich zu Aussagen über die Reihenfolge der Handlungsalternativen unter den verschiedenen Rahmenbedingungen auch Informationen darüber gegeben werden, welche Handlungsalternativen z.B. einen größeren gesellschaftlichen Konsens erwarten lassen oder mit welchen Alternativen angesichts der Unsicherheit zukünftiger Rahmenbedingungen ein relativ sicherer Weg eingeschlagen werden kann.

Abschließend muss noch darauf hingewiesen werden, dass das Bewertungsproblem an sich eine Frage der subjektiven Abwägung ist, und dass mit multikriteriellen Methoden kein eindeutiges, optimales Ergebnis ermittelt werden kann. Die Ergebnisse der multikriteriellen Analyse können das vorliegende Abwägungsproblem jedoch explizit verdeutlichen und das Für und Wider einer Entscheidung und die Auswirkungen verschiedener Präferenzen offenlegen (vgl. Drechsler in diesem Bericht).

## Integrated water modelling

Arjen Y. Hoekstra

Since people have started to speak about sustainable water resources management, it has become clear that an integrated approach towards water problems is a precondition. But what does integration mean? The usual approach is to explain the idea of integration through its historical evolution. One can distinguish three successive stages or levels of integration. On the first level, integration means the systematic consideration of the various dimensions of water: surface and ground water, quantity and quality. The key aspect here is the recognition that water comprises a system formed by a number of interdependent components. On a second and broader level of integration, water is seen as a system that interacts with other environmental systems, such as land, soil and climate. One takes the step from *internal* integration within the water field towards *external* integration with surrounding fields. On a third and even broader level of integration, water is considered in relation to social and economic development. Here, the concern is to determine the extent to which water is both an opportunity for and a barrier to economic development, and to ascertain how it is possible to ensure that water is managed and used so that development can be sustained in the long term. Currently, most of the 'integrated' water assessment studies are confined to the first or second level of integration. However, the third level of integration would deserve most attention because many of today's water problems can probably only be solved through a comprehensive outlook and set of measures.

Integrated research focuses on the interaction between diverse processes rather than on the nature of a few particular processes. A major problem in this type of research is that it provides knowledge that gives some *understanding* of the interaction between diverse processes but it does not enable us to make meaningful *predictions*. The type of uncertainties involved requires an explorative approach which regards uncertainty as inherent in knowledge and which explicitly shows that there is room for diverse assumptions and hypotheses. Such an approach is of crucial importance in the development of scenarios and the formulation of an effective development policy because basic assumptions strongly influence the outcomes of these processes.

This paper describes the results of a research study that aimed at the development of a generic tool for integrated water assessment where 'integrated' was understood at the third, most comprehensive level and where the proper treatment of uncertainties was one of the major concerns (Hoekstra 1998, Rotmans and De Vries 1997). The tool developed – known as 'AQUA' – consists of three main components: a simulation model, a set of indicators linked to this model and a framework of perspectives to analyse uncertainties. The AQUA tool has been applied on both global and river-basin level. In the latter case, the Zambezi basin in Southern Africa has been taken as a case study.

The interaction between human being and the water system has been schematised by distinguishing four sub-systems: pressure, state, impact and response. The pressure system

refers to a variety of human activities that affect the state of the water system. The state system refers to water stocks, flows and water quality. The impact system refers to the performance of human activities that depend on water and the functioning of ecosystems. The response system refers to human action that is undertaken in reaction to certain impacts. If put in relation to each other, the four sub-systems form a closed loop because response feeds back to pressure, state and impact. Corresponding to this schematisation, the AQUA model consists of four interacting sub-models.

The model has been built in such a way that the user can apply different perspectives on how the system behaves (world-views), on how the system is or should be managed (management styles), and on how external factors will develop (contexts). For that purpose, different perspective-based model formulations and different input values are available.

The integrated approach has resulted in a number of interesting insights. Both the global and the Zambezi water study show that the interaction between mankind and water is gradually changing. This change is described as the 'water transition', consisting of three phases. In the first phase, a continuing development of new water resources takes place to provide water to an increasing number of people and to increase yields in the agricultural sector. The second phase is characterised by growing water scarcity and competition between different water users which slows down the rapid growth in water demand. In the third phase water scarcity has reached a level at which people are forced to use water more efficiently and to reduce pollution. Each phase requires its own type of water policy which implies a shift from supply towards demand policy. Making this move can be a problem but a greater problem can arise if disagreement exists about the exact current phase and thus about the necessity for change.

A surprising conclusion from the global water study is that the loss of fresh ground water as a result of groundwater withdrawals might be a significant driving force behind sea-level rise. The contribution of groundwater losses to sea level rise in the past hundred years is estimated at 35-45 %. For the coming hundred years, this contribution is estimated at 25-45 %. This finding contradicts current opinion as embodied in the latest IPCC reports and deserves closer examination.

The results show that an integrated research approach can lead to fresh insights with regard to the interaction between water and socio-economic developments. The use of perspectives can be helpful in making the greatest uncertainties explicit and in estimating the risks of different policy strategies. Information about risks of policy can be relevant to policy makers in setting policy priorities.

## References

- Hoekstra, A.Y. (1998) Perspectives on water: A model-based exploration of the future, International Books, Utrecht, The Netherlands
- Rotmans, J., De Vries, H.J.M. (Eds.) (1997) Perspectives on global change: The TARGETS approach, Cambridge University Press, Cambridge

## Partizipation und integrierte Bewertungsverfahren

Hans-Joachim Fietkau

Ausgangspunkt meiner Ausführungen ist der im Bericht über den Workshop des UFZ vom 1. und 2. Juli 1999 zu „Flusseinzugsgebietsmanagement ....“ formulierte Anspruch:

„Weiterhin ist die Auswahl von Indikatoren bei jeder neuen Forschungsfrage stets eine neue und spezielle Aufgabe und sollte auf Grund der Vielfalt der zu berücksichtigenden Effekte in interdisziplinären wissenschaftlichen Teams unter Einbeziehung der Entscheidungsträger und lokalen Stakeholder stattfinden“ (Messner et al. 1999, S. 70).

Ich werde in meinem Beitrag auf Chancen und Möglichkeiten partizipationsorientierter Indikatorenbildung im Umweltschutz eingehen und knüpfe hierbei an Erfahrungen eines laufenden Projekts des Statistischen Bundesamtes, des Ökologiezentrums Kiel und der Forschungsstelle für Umweltpolitik an. Hierbei geht es um die Entwicklung von Makroindikatoren für die Umweltqualität in der Bundesrepublik Deutschland. Für den Agrarbereich findet derzeit ein Diskurs zwischen den an der Indikatorenentwicklung arbeitenden wissenschaftlichen Einrichtungen und Vertretern gesellschaftlich relevanter Gruppen statt. Dieser Diskurs wird vom Wissenschaftszentrum Berlin mit organisiert und moderiert.

Der Diskurs wurde mit dem Anspruch initiiert, die in die Indikatorenbildung eingehenden Werturteile und die mit diesen verbundenen Interessenlagen betroffener gesellschaftlicher Akteursgruppen offen zu legen. Als Ergebnis wird eine von breitem gesellschaftlichen Konsens getragene Methodik der Indikatorenerfassung angestrebt.

Der Versuch, gesellschaftliche Gruppen in die Entscheidungsfindung eines wissenschaftlichen Vorhabens einzubeziehen, weicht von dem dominanten Grundschema umweltbezogener Mediationen ab. Diese Verfahren haben üblicherweise ihren Ausgangspunkt in einer gesellschaftlich relevanten und öffentlich kontrovers diskutierten Problemlage. Die Konfliktparteien einigen sich auf eine Mediation und ziehen zu ihrer Entscheidungsfindung dann wissenschaftliche Expertise heran. Hier verhielt es sich umgekehrt. Der Diskurs wurde durch einen Forschungsverbund mit dem Ziel initiiert, mögliche gesellschaftliche Kritik frühzeitig in den wissenschaftlichen Planungen zu berücksichtigen. Unsere (Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung) Rolle bestand darin, einen fairen Austausch von Erfahrungen, Wünschen und Interessen zu gewährleisten.

Für den Diskurs wurden Anforderungen definiert. Diese erscheinen trivial; aber zumindest im angesprochenen Fall erwiesen sie sich in ihrer Umsetzung als keineswegs einfach.

- Es muss Klarheit über die Ziele des Diskurses bestehen. Es muss deutlich werden, in welcher Weise die Ergebnisse des Diskurses in den weiteren Gang der Entscheidung über die Indikatorenbildung eingehen. Die Forschungsgruppe muss offen und in der Lage sein, Anregungen, die sich aus dem Diskurs ergeben, in ihrer weiteren Arbeit zu berücksichtigen.

- Es muss zwischen wissenschaftsimmanent und gesellschaftlich zu entscheidenden Fragen unterschieden werden. Dem lag der Gedanke zugrunde, die gesellschaftlichen Gruppen über Wertfragen entscheiden zu lassen.
- Die seitens der Wissenschaft vorgelegte Konzeption (der Indikatorenbindung) muss von den beteiligten interdisziplinär zusammengesetzten Forschergruppen gemeinsam getragen werden.
- Die Konzeption muss in einer Weise präsentiert werden, die fachlich vorgebildeten Laien verständlich ist.
- Die Fragen, mit denen die Wissenschaftler an die gesellschaftlichen Gruppen herantreten, müssen vorab klar formuliert sein.

Die Vertreter der gesellschaftlich einschlägigen Gruppen, die sich an dem Diskurs beteiligen wollen, müssen bereit sein, Arbeit in den Diskurs zu investieren.

In meinem Beitrag werde ich auf den aktuellen Stand des Diskurses eingehen und über die positiven Erfahrungen, aber auch über die Schwierigkeiten berichten, die sich in der Umsetzung der genannten Ziele ergaben.

### **Literatur**

Messner, F., Horsch, H., Drechsler, M., Geyler, S., Herzog, F., Klauer, B., Kindler, A. (1999) Anwendungsperspektiven eines integrierten Bewertungsverfahrens im Kontext der EU-Wasserrahmenrichtlinie. In: Horsch, H., Messner, F., Kabisch, S., Rode, M. (Hrsg.) (1999) Flußeinzugsgebietsmanagement und Sozioökonomie: Konfliktbewertung und Lösungsansätze. UFZ-Bericht 30/1999. Leipzig, 65-73

## Nachhaltigkeitsindikatoren für die Ressource Grundwasser

Peter Wycisk

Für eine Umsetzung von Umweltzielen, insbesondere deren Überprüfung auf der Grundlage einer Situationsanalyse, ist die Verfügbarkeit von Umweltindikatoren eine notwendige Voraussetzung. Unterschiedliche Diskussionsansätze zur nachhaltigen Entwicklung brachten in den letzten Jahren ebenso unterschiedliche Indikatorenkonzepte hervor.

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) hat in diesem Zusammenhang schon 1994 allgemeine Anforderungen an die Bildung von Umweltindikatorensystemen formuliert. Hierbei geht es vor allem um eine Systematik von Kriterien, die Zustandsindikatoren in differenzierten Anforderungen charakterisieren. Für ein Indikatorsystem sind aus ökologischer Sicht Forderungen nach einem adäquaten Raum-, Zeit- und Sachbezug zu stellen. Ein ökologischer Ansatz sollte darüber hinaus auf einer funktionsbezogenen Betrachtungsweise beruhen, nach der die Produktions-, Träger-, Informations- und Regelungsfunktionen der Umwelt unterschieden werden. In diesem z.T. theoretischen Ansatz nehmen die Regelungsfunktionen eine bedeutende Rolle ein. Handhabbare Indikatoren für diesen Bereich fehlen allerdings bislang weitgehend.

Zunehmende Internationalität der Umweltprobleme und wachsende Regelungsdichte auch im europäischen Rahmen erfordern eine Kompatibilität zwischen nationalen und internationalen Indikatorsystemen. Das Umweltbundesamt entwickelt in diesem Zusammenhang Indikatorensysteme weiter, die auf dem OECD-Ansatz beruhen. Der Indikatorensatz umfasst Indikatoren über 14 Indikatorenbereiche zur Belastung der Umwelt durch menschliche Aktivitäten (pressure), Qualität und Quantität natürlicher Ressourcen (state) und zu Maßnahmen als Reaktion auf Verschlechterungen des Umweltzustandes (response). Auch wenn der OECD-Ansatz nur eingeschränkt den oben genannten ökologischen Grundanforderungen gerecht werden kann, so genügt der Ansatz den politischen und pragmatischen Anforderungen im Sinne der politischen Steuerbarkeit, der ökonomisch-ökologischen Relevanz und der Verständlichkeit.

Während in der ursprünglichen Diskussion überwiegend Einzelindikatoren diskutiert wurden, werden mittlerweile zunehmend komplexe, Problem übergreifende Indikatorensysteme entwickelt. Erhebliche Schwierigkeiten der Indikatorenbildung ergeben sich dabei in übergreifenden Bereichen wie Eutrophierung, Versauerung, toxische Kontaminationen und urbane Umwelt, da sich weder in den für Umweltdaten jeweils zuständigen Einrichtungen organisatorisch eine Entsprechung für sie findet, noch übergreifende Bereiche durch das Umweltstatistikgesetz erhoben werden und somit kurzfristig bundesweit repräsentative Daten nicht zur Verfügung stehen.

Neben der grundsätzlichen Schwierigkeit, inwieweit die Aussagefähigkeit der einzelnen ausgewählten Indikatoren gegeben ist, stellt sich also auch das Problem der Datenverfügbarkeit und Belastbarkeit. Dieses Problem wird durch ein Indikatorensystem nicht gelöst, sondern potenziert. Die Datenlage und Verfügbarkeit z.B. regionaler Grundwasserdaten, selbst in regionalen Messprogrammen, sprechen hier in vielen Fällen für sich selbst. Der Mangel an

belastbaren Daten betrifft vor allem Zustands- und Reaktionsindikatoren und z.T. auch Belastungsindikatoren.

Die z.Z. aktiv geführte wissenschaftliche Diskussion um die Indikatorenbildung im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Umwelt setzt im Gegensatz zur politisch motivierten Diskussion eher mittel- bis langfristig an. So versucht das Indikatorenprojekt des Statistischen Bundesamtes im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung den Zustand und die Qualität des Naturvermögens in physischen Größen als Voraussetzung für eine entsprechende ökonomische Bewertung zu ermitteln. Der Umweltzustand wird unter den Blickwinkeln der Funktionalität, der physischen Struktur und von Beeinträchtigungen betrachtet. Letztlich soll ein für Deutschland möglichst flächendeckendes und für die Anforderungen der umweltökonomischen Gesamtrechnungen einsetzbares Konzept eines raumbezogenen Umweltindikatorensystems präsentiert werden.

Bisher konnte sich kein wissenschaftlicher Ansatz für die Indikatorenfestlegung so durchsetzen, dass alle Bereiche der anthropogenen Beeinträchtigungen auf die Umwelt und den daraus resultierenden Umweltzustand befriedigend abgedeckt werden. In den meisten Fällen führen Zeit- und Kostenaspekte zu der Entscheidung, auf vorhandene Daten zurückzugreifen, was zu Teillösungen führt, aber übergreifende konzeptionelle Ansätze eher einschränkt.

Diese Problematik wurde durch das Sondergutachten des Rat von Sachverständigen für Umweltfragen „Flächendeckender Grundwasserschutz“ aufgegriffen. Als Umwelthandlungsziel wird der flächendeckende Grundwasserschutz allgemein anerkannt. In der Praxis ist er jedoch überwiegend nutzungsbezogen ausgerichtet und auf Schutzgebiete beschränkt. Die bisher überwiegend wassermengenwirtschaftliche Orientierung müsste zudem durch eine starke Komponente der Sicherung und Überwachung der Wasserqualität ergänzt werden.

Flächendeckender Grundwasserschutz würde somit nicht überall den gleichen, aber einen Standort angepassten Schutzaufwand erfordern – so der SRU – allerdings immer mit demselben Umweltqualitätsziel. Entsprechend ist für die Umsetzung eines flächendeckenden Grundwasserschutzes – unter Berücksichtigung von Schutzinteressen und Nutzungsinteressen – ein räumlich differenziertes Bezugssystem erforderlich. Dies erfordert eine räumliche Klassifizierung von Grundwasservorkommen nach ihrer Belastungsempfindlichkeit.

Das SRU-Gutachten empfiehlt eine einheitliche Erfassungs- und Bewertungssystematik für die Grundwasserbeschaffenheit und für die Abschätzung ihrer Belastungsempfindlichkeit gegenüber Stoffeinträgen und strukturellen Eingriffen einzuführen und stärker prozessorientiert auszusetzen. Die bisherigen Grundwasserlandschaften mit starker länderspezifischer Prägung entsprechend der LAWA-Richtlinie von 1983/1993 sollten einem einheitlichen und vergleichbaren Ansatz folgen. In Grundwasserlandschaften und Grundwasserregionen lassen sich nach dieser Definition die Strömungs- und Beschaffenheitsverhältnisse des Grundwassers nach festgelegten Regelungen erfassen und darstellen. Die Umsetzung des LAWA-Rahmenkonzeptes gestaltete sich in den alten Bundesländern aufgrund der Länderhoheit sehr unterschiedlich. Die Grundwasserbeschaffenheitserfassung in der DDR wurde nach einheitlichen Konzepten durchgeführt, nach 1990 in Anlehnung an die LAWA-Richtlinien und dem Prinzip der Länderhoheit folgend. Aus der Situation wird deutlich, dass die Vergleichbarkeit und Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheitsdaten auf Bundesebene nur schwer möglich ist.

---

Durch die Einbeziehung der Grundwasserüberdeckung in die Definition der Grundwassereinheiten können bundesweit Grundwasserleiter unterschiedlicher Belastungsempfindlichkeit ausgewiesen werden. Die Beurteilung der Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten nach dem „Hölting-Konzept“ scheint sich in den einzelnen Bundesländern und auch für Übersichtsmaßstäbe auf Bundesebene durchzusetzen.

## **Modellierung des Einflusses von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserquantität und -qualität am Beispiel des Torgauer Raumes**

Martin Volk, Uwe Franko, Felix Herzog, Thomas Schmidt und Marco Neubert

Die Landnutzung und ihre Veränderungen beeinflussen über veränderte Wasser- und Stoffflussbedingungen die Qualität und Quantität des Grundwassers in Kulturlandschaften entscheidend. Wichtige Landschaftsfunktionen wie die Bereitstellung von Grundwasser für die Trinkwassergewinnung und der Grundwasserschutz können durch ungeeignete Landnutzung und -bewirtschaftung beeinträchtigt werden. Stickstoff (N) und insbesondere Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) stellen dabei eines der wichtigsten Probleme bezüglich der Sicherung der Trinkwasserqualität dar. Zur Untersuchung und Bewertung des Wasser- und Stickstoffhaushaltes wurden in den letzten Jahren zahlreiche Computer gestützte Simulationsmodelle entwickelt. Basierend auf diesen Modellierungen können Landnutzungsvarianten abgeleitet werden, die sich positiv auf die Grundwasserneubildung auswirken und zu einer Verminderung von Nährstoffausträgen in benachbarte Ökosysteme führen. In den hier vorgestellten Untersuchungen wurden am Beispiel des Torgauer Raumes (Regierungsbezirk Leipzig) mit dem Abflussbildungsmodell ABIMO (Grundwasserneubildung für den Gesamtraum) und dem Simulationssystem CANDY (N-Auswaschung unter Ackerland) Landnutzungsszenarien unter verschiedenen wirtschaftlichen Entwicklungsrahmen berechnet, um deren Auswirkungen auf die Grundwasserqualität und -quantität zu untersuchen. Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Verbundprojektes „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet“ des UFZ-Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle GmbH durchgeführt (vgl. Messner et al. in diesem Bericht).

Der 686 km<sup>2</sup> umfassende, ländlich geprägte Untersuchungsraum lässt sich bezüglich seiner naturräumlichen Ausstattung in die pleistozänen Heidebereiche im Westen und Osten mit vorwiegend sandigen Böden und eingelagerten Geschiebelehmen sowie die holozäne Elbaue im mittleren Bereich gliedern, die vorwiegend Gleye aufweist. Die mittleren Jahresniederschläge schwanken zwischen 540 mm/a im Elbtal bis ca. 650 mm/a in den höher gelegenen Heidebereichen. Das Gebiet ist durch weiträumig ausgewiesene Natur- und Landschaftsschutzgebiete geprägt. Diese Unterschutzstellung ist mit Restriktionen für die Bewirtschaftung verbunden. Dominierende Landnutzungsform im Gebiet ist die Landwirtschaft (49 % Ackerbau, 12 % Grünland). 19.882 ha (28 %) des Raumes weisen Wälder auf (davon 77 % Nadelwald).

Im Zuge des Verbundprojektes wurden acht Szenarien erarbeitet, die den Einfluss unterschiedlicher wirtschaftlicher Entwicklung und politischer Entscheidungen (z.B. die Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten) auf die Landnutzung widerspiegeln. Die Auswirkungen der Landnutzungsänderungen wurden mittels Modellrechnungen untersucht. Als Zeithorizont wurde 2030 festgelegt. Allen Szenarien gemeinsam waren ein Waldumbau zugunsten des Laubwaldes sowie eine Zunahme der Waldflächen um ca. 3 %. Je nach wirtschaftlichem Entwicklungsrahmen wurde von einer Zunahme der Bautätigkeit und dementsprechend erhöhtem

Anteil versiegelter Flächen sowie von unterschiedlichen Kiesabbaumaßnahmen ausgegangen. Die Berechnung der Grundwasserneubildung ergibt für den Gesamtraum im Ist-Zustand einen Mittelwert von 133 mm/a, wobei die höchsten Werte unter Ackerflächen in sandigen Bereichen zu verzeichnen sind. Bei den Szenarien sinkt die Grundwasserneubildung durchweg auf im Mittel 129 mm/a. Wichtigster Grund ist die Zunahme an versiegelten Flächen, welche die Sickerungsleistung deutlich mindern und zudem eine höhere Verdunstungsrate aufweisen. Auch die Zunahme an Waldflächen hat durch die damit verbundenen höheren Verdunstungswerte eine reduzierende Wirkung auf die Grundwasserneubildungsrate. Geringere Auswirkungen haben die zusätzlichen Wasserflächen (Erhöhung der Verdunstungsrate und Verringerung der Grundwasserneubildung) durch die angenommenen Kiesabbaumaßnahmen. Positiven Einfluss auf die Grundwasserneubildung haben dagegen die Waldumbaumaßnahmen, da Laubwaldbestände im Vergleich zu Nadelwaldbeständen geringere Verdunstungswerte aufweisen. Die Veränderungen der Grundwasserneubildung erscheinen im Hinblick auf die Mittelwerte für den Gesamtraum als gering, weisen jedoch lokal deutliche Unterschiede auf.

Um den Einfluss der Landbewirtschaftung auf die Qualität des Sickerwassers zu untersuchen, wurden für verschiedene Intensitätsstufen naturräumlich angepasste Bewirtschaftungsvarianten auf Basis von Befragungen und statistischen Informationen erarbeitet. Bereits die Stickstoffbilanzen zeigen deutlich den positiven Einfluss extensiver Nutzungsvarianten auf die Verminderung des N-Überschusses. Die Simulationsergebnisse zeigen auf sandigen Heideflächen des Gebietes eindeutig höhere N-Auswaschungen als auf den speicherfähigen Lehmböden der Elbaue. Im Bereich von Trinkwasserschutzgebieten konnte festgestellt werden, dass die dort einzuhaltenden Bewirtschaftungsrestriktionen zu einer Verringerung der Nitratauswaschung führen. Dabei werden in der extensiven Variante der „integrierten Agrarproduktion“ teilweise bessere Ergebnisse erzielt als beim „ökologischen Landbau“. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg NO<sub>3</sub>/l) wird jedoch nur unter Grünland (26 bis 30 mg/l) und unter Ackerflächen in den Trinkwasserschutzgebieten des Elbtals (44 mg/l) eingehalten. Die höchste Gefährdung des Grundwassers besteht erwartungsgemäß unter den gut durchlässigen Böden der Heidegebiete (hohe Sickerwasserraten und Stickstoffüberschüsse). Die Austräge unter Grünland liegen bei der hier unterstellten extensiven Nutzung auf weitaus geringerem Niveau. Die forstliche Bodennutzung ist nicht eindeutig zu bewerten. Aktuell bestimmte Austragsraten sind gering und weisen aufgrund der hohen N-Immobilisierung auch bei den geringen Sickerwassermengen unter Wald geringere Nitratkonzentrationen als unter Acker und Grünland auf. Mit Erreichen eines stationären Zustandes im Hinblick auf den N-Status des Bodens sind jedoch auch unter Wald N-Auswaschungen in der Größenordnung des Ackerbaus zu erwarten, so dass hier die höchsten Nitratkonzentrationen prognostiziert werden.

Die Modellierungsergebnisse für Szenarien spiegeln aufgrund der Vielzahl von Annahmen hypothetische Entwicklungen wider. Demnach werden sich – aufgrund der angenommenen Veränderungen in den Intensitätsstufen der Bewirtschaftung – die Nitratausträge unter landwirtschaftlichen Flächen bis zum Jahr 2030 leicht vermindern. Negativ im Hinblick auf den Gesamtraum wirken sich allerdings stark ansteigende Austräge unter Waldflächen aus, so

dass die Nitratkonzentration (flächengewichtet) im Sickerwasser von 86 mg/l (Status Quo 1993) auf 108 bis 112 mg/l (Szenarien 1-8, 2030) ansteigt.

Die derzeitige Nitratbelastung des Grundwassers im Untersuchungsgebiet ist gering, was auf noch immer gute Abbaubedingungen der Nitrateinträge schließen lässt. Für eine langfristige Sicherung der Grundwasserressourcen ist eine zukünftige Verringerung der Einträge unerlässlich, da es aufgrund des irreversiblen Abbaus der nitratreduzierenden Stoffe im Aquifer nach deren Aufzehren zu einem „Nitratdurchbruch“ kommen kann. Zur langfristigen Einhaltung des Nitratgrenzwertes sind daher Extensivierungsmaßnahmen im Agrarbereich notwendig. Weiterhin besteht dringender Forschungsbedarf zur weiteren Aufklärung des N-Haushaltes in Waldböden und zur Kompensation möglicher „Nitratdurchbrüche“.

Die vorgestellten Methoden liefern neben den wissenschaftlichen Erkenntnissen einen Beitrag als Instrument für die Planungspraxis zur Lösung der Konflikte Naturschutz – Landnutzung, insbesondere für Gebiete mit hohem Anteil an Trinkwasserschutzzonen.

# Modellierung ökonomischer Effekte von Landnutzungsänderungen mittels Input-Output-Analyse

Bernd Klauer

## 1 Einleitung

Die Landnutzung ist einer der bedeutendsten Faktoren durch die der Mensch Einfluss auf seine Umwelt nimmt. In diesem Papier werden die ökonomischen Effekte von Landnutzungsänderungen, die auf Veränderungen in der Politik hinsichtlich des Trinkwasserschutzes und des Kiesabbaus zurückgehen, mittels einer dynamischen Input-Output-Analyse untersucht. Die Arbeit ist in das interdisziplinäre UFZ-Forschungsprojekt „Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet“ eingebunden. Die Ergebnisse der Input-Output-Analyse werden in Rahmen eines integrierten Bewertungsverfahrens zusammen mit den Ergebnissen anderer Analyseinstrumente dazu benutzt, Entscheidungen über verschiedene Politikoptionen im Untersuchungsgebiet Torgauer Raum, nämlich die Reduktion/Nichtreduktion von Trinkwasserschutzgebieten und die Ausweitung/Nichtausweitung des Kiesabbaus, zu unterstützen (vgl. Messner et al., Volk et al., Geyley und Messner sowie Drechsler in diesem Bericht).

## 2 Ein dynamisches Input-Output-Modell

Für die Berechnungen wird ein offenes dynamisches Standard-Input-Output-Modell verwendet (Fleissner et al. 1993: Kap. 4, insbes. 212–214). Die Produktionsseite der Wirtschaft wird in sieben Sektoren unterteilt und es wird – in Übereinstimmung mit den parallelen Untersuchungen im Rahmen des Gesamtprojektes – die Entwicklung im Zeitraum von 1993 bis 2030 betrachtet. Die Endnachfrage nach den Produkten der sieben Sektoren wird für den Betrachtungszeitraum vorgegeben. Die Menge aller möglichen Produktionspfade wird durch zwei Vektor-(Un)-Gleichungen bestimmt. Die erste Ungleichung besagt, dass in jedem Sektor und in jeder Periode  $t$  die Summe aus Endnachfrage  $y(t)$  und Investitionen  $i(t)$  die Nettoproduktion (d.h. der Teil der Bruttoproduktion, der nicht wieder als Vorleistungen im Produktionsprozess verwendet wird) nicht übersteigen darf. Es bezeichne  $x(t)$  den Vektor der Bruttoproduktion der Sektoren und  $A(t)$  die Tabelle der Input-Output-Koeffizienten. Die Vorleistungen ergeben sich als Produkt  $A(t)x(t)$ . Die Ungleichung lautet also

$$x(t) - A(t)x(t) \geq y(t) + i(t). \quad (1)$$

Die zweite Gleichung bestimmt, wieviel Investitionen notwendig sind. Es wird dabei angenommen, dass die Investitionen in den einzelnen Sektoren proportional zur Ausdehnung der Produktion sind. Sei  $D(t)$  die Matrix der Proportionalitätsfaktoren (Kapitalbedarfskoeffizienten), so lautet die Investitionshypothese

$$i(t) = D(t)(x(t+1) - x(t)). \quad (2)$$

Schließlich wird unterstellt, dass aus der Menge der Produktionspfade, die die vorgegebene Endnachfrage befriedigen können (Ungl. 1) und der Investitionsbedingung (Gl. 2) genügen, derjenige Pfad realisiert wird, der mit dem geringsten Aufwand hergestellt werden kann.

### 3 Empirische Anwendung

Als Datengrundlage für die empirische Anwendung des Modells dienen in erster Linie die Input-Output-Tabellen der BRD für die Jahre 1993 und 1995 sowie der Bruttoproduktionswert (BPW), die Bruttowertschöpfung (BWS) und die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Torgauer Raum der Jahre 1993 bis 1998. Die Input-Output-Tabellen der Region wurden mittels des biproportionalen Überleitungsverfahrens MODOP (Stäglin 1972, 1973, Schintke 1973) berechnet. Für den Zeitraum ab 1998 wurde die Entwicklung der exogenen Variablen vorgegeben. Um die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung der exogenen Variablen zumindest ansatzweise zu berücksichtigen, werden zwei verschiedene Entwicklungsrahmen betrachtet, die sich im Wesentlichen durch unterschiedliche Annahmen über das wirtschaftliche Wachstum auszeichnen.

Mit Hilfe des Modells werden vier verschiedene Handlungsalternativen jeweils unter den beiden Entwicklungsrahmen untersucht. Es werden also insgesamt acht Szenarien durchgerechnet.

Bei der Berechnung der Unterschiede in den BPW wird folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wird eine Handlungsalternative ausgewählt, und für beide Entwicklungsrahmen wird jeweils ein Basisszenario simuliert. Die Wahl zwischen den Handlungsalternativen hat zunächst direkte Auswirkungen auf die Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung. Die Auswirkungen auf die BPW der beiden Sektoren werden unabhängig vom Modell mittels sektoraler Einzelbetrachtungen geschätzt. Das Modell gibt nun Auskunft über die indirekten Effekte auf die anderen Sektoren als Folge der wirtschaftlichen Verflechtungen der Sektoren. Dabei werden in dem dynamischen Input-Output-Modell die veränderten BPW der Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung als exogene Variablen und die zugehörigen Endnachfragen als endogene Variablen behandelt. Bei den übrigen Sektoren bleibt der BPW endogene Variable.

In einem weiteren Schritt wird von den Bruttoproduktionswerten auf die BWS und die Beschäftigtenzahlen geschlossen, indem angenommen wird, dass sich die Verhältnisse von BPW und BWS bzw. von BPW und Beschäftigten in einem Sektor des Torgauer Raums über die Zeit nicht verändern.

### 4 Ergebnisse und Sensitivitätsanalyse

Die wesentlichen Ergebnisse des Modells sind Rangfolgen der vier Alternativen hinsichtlich der beiden Kriterien BWS und Beschäftigung. In der betrachteten Entscheidungssituation führen die beiden Kriterien nicht zu derselben Reihung der Alternativen, was an den unterschiedlichen Arbeitsintensitäten der Sektoren liegt. Es zeigt sich auch, dass in den beiden Entwicklungsrahmen für ein-und-dasselbe Kriterium unterschiedliche Rangfolgen der Alternativen resultieren: Im optimistischen Entwicklungsrahmen hat die Entscheidung über Kies-

abbau erheblich größeren Einfluss auf die Rangfolge als die Entscheidung über die Reduktion der Trinkwasserschutzgebiete. Im realistischen Entwicklungsrahmen ist es gerade umgekehrt.

Insgesamt gesehen stellt sich heraus, dass zur Beurteilung der Handlungsalternativen anhand der Kriterien BWS und Beschäftigung die indirekten Effekte von erheblicher Bedeutung sind. Der Anteil der indirekten Effekte am Gesamteffekt liegt in der Regel in der Größenordnung von 50 %. Besonders starke Auswirkungen haben die indirekten Effekte, wenn der direkte Effekt im Landwirtschaftssektor demjenigen im Bergbau, Energie- und Wasserversorgung entgegenläuft. Die Berücksichtigung der indirekten Effekte führt für das Kriterium Beschäftigung zu einer abweichenden Rangfolge der Alternativen.

Das verwendete Modell ist vergleichsweise einfach und die Verfügbarkeit originärer Regionaldaten ist – vor allem vor dem Hintergrund des langen Betrachtungszeitraums – gering. Damit die Ergebnisse des Modells dennoch einen positiven Beitrag bei der Entscheidungsfindung leisten können, ist es wichtig, Aussagen über die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhalten. Aus diesem Grund werden umfangreiche Sensitivitätsanalysen vorgenommen. Dabei werden die Sensitivitäten hinsichtlich einzelner Parameter verknüpft, um so eine Aussage über die Zuverlässigkeit in den resultierenden Rangfolgen der Alternativen zu erhalten. Die Unsicherheit der Modellergebnisse wird dargestellt, indem für jedes Szenario und für die beiden Kriterien BWS und Beschäftigung neben dem wahrscheinlichsten Schätzwert auch der minimale und maximale Schätzwert angegeben werden.

## Literatur

- Fleissner, P., Böhme, W., Brautzsch, H.-U., Höhne, J., Siassi, J., Stark, K. (1993) Input-Output-Analyse. Eine Einführung in Theorie und Anwendung. Springer-Verlag, Wien, New-York
- Schintke, J. (1973) Modell der doppelten Proportionalität zur Schätzung von nichtnegativen Matrizen, insbesondere Input-Output-Tabellen. *Angewandte Informatik* 4, 153-156
- Stäglin, R. (1972) MODOP – Ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen. *Anwendung statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme. Arbeiten zur angewandten Statistik* 15, 69-81
- Stäglin, R. (1973) Methodische und rechnerische Grundlagen der Input-Output-Analyse. In: Kregel, R. (Hrsg.) *Aufstellung und Analyse von Input-Output-Tabellen.* Göttingen

# Monetäre Bewertung von Szenarien zur Landnutzungsänderung

Stefan Geyley und Frank Messner

## 1 Anliegen

Die vorgestellten Untersuchungen zur monetären Bewertung von Landnutzungsänderungen gehen als zentraler Bestandteil in das integrierte Bewertungsverfahren ein, welches in seiner Anwendung auf Nutzungskonflikte zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung im Torgauer Raum in dem Beitrag von Messner et al. vorgestellt wird.

Der Untersuchungsraum – der ehemalige Landkreis Torgau – steht beispielhaft für ländliche Regionen, die durch eine reiche Naturausstattung von überregionaler Bedeutung gekennzeichnet sind. So bietet beispielsweise die Elbaue sehr gute Bedingungen für die überregionale Nutzung von Uferfiltrat und Grundwasser durch die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH. Gleichzeitig stellen dieselben mächtigen Grundwasserleiter attraktive Kiesressourcen dar, wobei Kies aus der Region bis in den Berliner Raum geliefert wird.

Bewertungsgegenstand ist der auf Landnutzungsebene auftretende Konflikt sowohl zwischen konkurrierenden Nutzungen der Naturressourcen – Kiesabbau vs. Trinkwassergewinnung – als auch zwischen einer dem Trinkwasserschutz angepassten Landnutzung vs. einer intensiveren Landnutzung. Die Bewertung vergleicht die Effekte von vier Handlungsalternativen, welche die Politikoptionen „*Beibehaltung vs. Verkleinerung*“ eines großräumigen Trinkwasserschutzgebietes mit den Optionen „*Realisierung vs. Nichtrealisierung zusätzlicher Kiesabbaustätten*“ verknüpfen. Diese vier Handlungsalternativen werden in verschiedene Entwicklungsrahmen eingebettet. Die Entwicklungsrahmen spiegeln mögliche überregionale Entwicklungstrends wider, wie beispielsweise das generelle Wirtschaftswachstum sowie die überregionale Kies- und Fernwassernachfrage. Dadurch wird dem Umstand Rechnung getragen, daß die Entwicklungsperspektiven und deren ökonomische Wertschätzung, die sich einer kleinen, ländlichen Region bieten, in starkem Maße von den großräumigen wirtschaftlichen, politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen bestimmt werden.

## 2 Vorgehensweise

Da in einer Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) lediglich Veränderungen gegenüber einer Referenzsituation monetär bewertet werden können und nicht absolute Bestände von Natur und ökonomischen Gütern, werden separat für jeden Entwicklungsrahmen für alle Handlungsalternativen Nettonutzendifferenzen im Vergleich zu einer Basisalternative berechnet. Dabei wird eine regionale Sichtweise eingenommen, das heißt, es werden nur diejenigen Nutzen und Kosten systematisch erfasst, die bei den Bewohnern der Region anfallen. Nutzen und Kosten, die gesamtgesellschaftlich auftreten, werden zwar teilweise diskutiert, aber nicht dazu benutzt, um die Handlungsalternativen in eine Rangfolge zu bringen. Der Grund für diese Vorgehensweise liegt in der Annahme, dass die regionalen Entscheider sich als Interessenvertre-

ter der Region verstehen. Für sie sind Kompensationszahlungen für die regionalen Landwirte oder finanzielle Ausgleichszahlungen an die Kommunen, die üblicherweise in Nutzen-Kosten-Analysen als Transferleistungen ohne Wohlfahrtseffekt eingestuft werden, von großer Bedeutung. Damit werden in der vorliegenden NKA explizit Verteilungsaspekte einbezogen. Der betrachtete Zeithorizont für die Landnutzungen reicht bis zum Jahr 2030. Der lange Bewertungszeitraum berücksichtigt die Planungshorizonte beim Kiesabbau sowie die Anpassungsgeschwindigkeit der Bodensysteme auf Landnutzungsveränderungen.

Die unterschiedlichen, zur Bewertung anstehenden Effekte wurden in dreizehn Modulen angeordnet. Die Module für die Bewertung der Landnutzung Kiesabbau umfassen die Wohlfahrtseffekte für die regionalen Kiesproduzenten und Kieskonsumenten sowie wichtige mit dem Kiesabbau verbundene inter- und intratemporale externe Effekte. Beispiele hierfür sind die Straßenabnutzung, die Emissionen im Zuge des Kiestransportes sowie intertemporale Effekte durch den Verbrauch der nicht erneuerbaren Ressource Kies. Weiterhin wird die zukünftige Nachnutzung der Kiesseen als Bademöglichkeit berücksichtigt. In die Bewertung der Trinkwasserschutzoptionen fließen Wohlfahrtseffekte ein, die sich aus den Trinkwasserschutz bedingten Landnutzungsrestriktionen und Auflagen ergeben. Hierbei werden die Auflagen gegenüber der Landwirtschaft, den Straßen und Abwassersystemen berücksichtigt wie auch die Restriktionen beim Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen. Zudem wird die unterschiedliche Beanspruchung des natürlichen, irreversiblen Denitrifikationsspotenzials im Boden und Grundwasserleiter betrachtet. Dieses natürliche Reinigungspotenzial sichert z.Z. die hohe Güte des geförderten Rohwassers hinsichtlich der Nitratkonzentration.

Die Nutzen und Kosten der einzelnen Module wurden durch indirekte monetäre Bewertungsmethoden quantifiziert, die sich auf verfügbare Markt- und Kostendaten beziehen. Verwendung fanden hierbei beispielsweise Gewinnberechnungen und Marktanalysen (Modul „Produzentenrente bei Kiesabbau“), Einkommensberechnungen (Modul „Produzentenrente Landwirtschaft“), Abschätzung von Substitutionskosten (Modul „Nachnutzung Kiesseen“), von Zusatzkosten (Effekte infolge Trinkwasserschutzauflagen bei Straßen, Abwassersystemen und Anlagen zum Umgang mit Wasser gefährdenden Stoffen) sowie von Vermeidungskosten (Module zu den intertemporalen Nutzerkosten bei Kiesabbau und Trinkwasserschutz).

Bei der Ermittlung der regionalen Wohlfahrtsveränderungen wurde nicht nur ein wahrscheinlicher Wert für ein Modul der Handlungsalternativen berechnet, sondern auch eine Schwankungsbreite ermittelt, um verschiedenen Unsicherheiten Rechnung zu tragen.

### 3 Ergebnisse

Generell zeigt sich, dass die Wohlfahrtseffekte stark von den in den Entwicklungsrahmen getroffenen Annahmen sowie von den gesetzlichen Rahmenbedingungen abhängen. So lohnt sich die Ausweitung des Kiesabbaus in der Region erst bei optimistischen Annahmen hinsichtlich der Nachfrage- und Preisentwicklung, weil bei moderaten Rahmenbedingungen eine Neuausweisung von Kiesabbau mit einer schlechteren Auslastung der bestehenden Standorte des Kiesabbaus verbunden ist. Auch die Nutzenstiftung des Trinkwasserschutzes für die Fernwasserproduktion wird entscheidend von der Fernwassernachfrage bestimmt. Die bei der

Region verbleibenden Kosteneffekte der Trinkwasserschutzauflagen werden zudem von der Ausgestaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich Ausgleichs- und Fördermaßnahmen bestimmt. Beispielsweise hat bei den regionalen Wohlfahrtseffekten in der Landwirtschaft das Verhältnis der Ausgleichszahlungen zu den Preis-, Kosten- und Ertragsentwicklungen einen starken Einfluss. Bei den regionalen Aufwendungen zum Trinkwasserschutz an Straßen spielt die Verfügbarkeit von überregionalen Fördermitteln eine bedeutende Rolle. Ein bemerkenswertes Ergebnis ergab sich für den Kiesabbau. Hier zeigte sich, dass die Kiesstätten außerhalb der TWSG durchaus in der Profitabilität mit Kiesstätten in TWSG mithalten können. Im vorliegenden Fall erwies sich eine Stätte außerhalb des TWSG aufgrund eines hohen Kiesgehaltes sogar als wirtschaftlicher als eine Stätte im TWSG. Da im Untersuchungsraum noch viele vergleichbare Kiesstandorte außerhalb der TWSG vorliegen, kann das Argument, dass die TWSG die regionale wirtschaftliche Entwicklung durch Kiesabbau behindern, mittelfristig nicht aufrecht erhalten werden.

Sowohl beim Kiesabbau als auch beim Trinkwasserschutz waren die externen Effekte bedeutsam. Beim Kiesabbau schlugen die negativen externen Effekte des Kiestransportes mit etwa 10-25 % im Vergleich zu den Nettonutzendifferenzen von Produzenten und Konsumenten besonders stark zu Buche, während sowohl für die intertemporalen Nutzerkosten von Kiesressourcen als auch für die positiven externen Effekte durch die Erholungsnutzung der späteren Kiesseen deutlich geringere Werte ermittelt wurden. Beim Trinkwasserschutz kommt den intertemporalen Nutzerkosten infolge der irreversiblen Abnutzung des Nitratabbauvermögens eine wesentliche Bedeutung zu. Der Vergleich dieser bedeutsamen Nutzerkosten mit den direkten Folgekosten des Trinkwasserschutzes wird jedoch stark erschwert, weil sie erst in der Zukunft auftreten werden. Aus diesem Grund hängt die Bewertung der Trinkwasserschutzoptionen stark von der Diskontierung dieser zukünftigen Effekte ab.

#### **4 Grenzen der Bewertung**

Nicht alle Effekte der Szenarien wurden mit der monetären Bewertung erfasst. Beim Kiesabbau fehlt beispielsweise eine monetäre Bewertung der naturschutzfachlichen Aspekte des Kiesabbaus. Bei den Trinkwasserschutzoptionen wurde der Schutz von Ökosystemfunktionen – beispielsweise Nitrateintrag aus dem Grundwasser in die Flüsse – nicht monetarisiert. Gründe hierfür liegen bei methodenspezifischen Problemen (keine Erfassung von nicht nutzungsabhängigen Wertkategorien durch die indirekten Monetarisierungsmethoden) wie auch bei der Schwierigkeit, komplexe und der Öffentlichkeit kaum vermittelbare ökosystemare Veränderungen als solche in die Bewertung einzubeziehen. Wesentliche bei der NKA nicht erfasste Effekte werden jedoch als nicht-monetäre Kriterien in die multikriterielle Bewertung einbezogen, so z.B. mit Hilfe der Kriterien „Nitratkonzentration im Sickerwasser“ und „naturschutzfachliche Bewertung des Kiesabbaus“. Zusammen mit weiteren ökonomischen Kriterien wie „Beschäftigung“ und „Volkswirtschaftliches Einkommen“ vervollständigen diese Informationen die Bewertung, so dass mittels multikriterieller Bewertungsmethoden die Szenarien vollständiger und zugleich vielschichtiger bewertet werden können (vgl. die Beiträge von Messner et al. und Drechsler in diesem Bericht).

## Monetäre Bewertung und Langzeitkalküle

Rainer Marggraf

In neoklassischen Nutzen-Kosten-Analysen werden volkswirtschaftliche Nutzen- und Kostenkomponenten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, über die Diskontierung auf den Planungszeitpunkt miteinander vergleichbar gemacht. Eine Aktivität wird als positiv bewertet, wenn im Planungszeitpunkt der Barwert der volkswirtschaftlichen Nutzen den Barwert der volkswirtschaftlichen Kosten übersteigt. Von zentraler Bedeutung ist dabei die gewählte Diskontierungsrate. Das Referenzsystem für Nutzen-Kosten-Analysen ist die neoklassische Wohlfahrtsökonomie. Determiniert ist damit die zu verwendende Diskontierungsrate, wenn die Projektwirkungen für die einzelnen Gesellschaftsmitglieder bekannt sind. Diese disaggregierten Informationen liegen in der Praxis nicht vor. Die Bestimmung und Begründung der Diskontierungsrate muss deshalb anders erfolgen.

Grundsätzlich gibt es hier zwei verschiedene Möglichkeiten: Die Diskontierungsrate kann auf Basis der Zeitpräferenz oder auf Basis von Opportunitätskosten bestimmt werden. Zeitpräferenzrate und Opportunitätskostenrate unterscheiden sich. Der Unterschied ist begründet u.a. in der Existenz von Ertragssteuern und dem Fehlen eines einheitlichen Kapitalmarktes. Bildet die Zeitpräferenz die Basis für die Diskontierung, so wird von der Prämisse ausgegangen, dass das zu evaluierende Projekt ausschließlich mit konsumtiven Effekten im gesamten Planungszeitraum verbunden ist. Beim Ansatz der Zeitpräferenzrate kann zwischen der Nutzen- und der Konsumdiskontierung gewählt werden. Neben der reinen ist die wachstumsbedingte Zeitpräferenzrate zu unterscheiden. Üblicherweise wird von einer exponentiellen Diskontierung ausgegangen. Die experimentelle Überprüfung von individuellen Zeitpräferenzraten zeigt, dass diese Annahme nicht aufrecht erhalten werden kann: Sinnvoller erscheint eine hyperbolische Diskontierung.

Bestimmt man die Diskontierungsrate mit Hilfe der Opportunitätskosten, so konzentriert man sich auf die Investitionseffekte des Projekts. Opportunitätskosten sind definiert als der interne Ertragszins der nächstbesten alternativen Kapitalverwendung. Aus neoklassischer Sicht sind die Verdrängungseffekte staatlicher Investitionen auf dem Kapitalmarkt von besonderer Bedeutung, deshalb wird in der Regel die Opportunitätskostenrate als Diskontierungsrate empfohlen.

Die Finanzierung von Projekten erfolgt in der Realität sowohl durch die Verdrängung konsumtiver als auch investiver Ausgaben. Sinnvoll erscheint deshalb die Berücksichtigung beider Aspekte, z.B. indem die Diskontierungsrate als gewichteter Mittelwert der durchschnittlichen Anteile der Investitions- und Konsumverdrängung ausgewiesen wird. Der Vergleich von Konsum- und Investitionseffekten erfolgt im Allgemeinen auf Basis von Konsumgrößen. Verdrängte Investitionseinheiten werden über Kapitalschattenpreise in Konsumäquivalente transformiert und zu den periodenspezifischen Konsumbeträgen hinzu addiert. Auf gleiche Weise verfährt man mit den projektinduzierten Investitionseffekten. Es gibt verschiedene Ausprägungen der Schattenpreismethode. So kann man die Annuität einer verdrängten Inve-

stitution als laufenden Konsum während des gesamten Planungshorizontes berechnen. Die Annuität entspricht per Definition dem Betrag, der einem Investor pro Periode der Laufzeit zusätzlich zu konsumtiven Verwendungen zur Verfügung steht. Alternativ lässt sich auch annehmen, dass die Investition erst am Ende der Nutzungszeit im Ausmaß des gesamten bis dahin angesammelten Kapitals zu Konsum führt. Natürlich kann man auch Investitionsketten berücksichtigen.

Insbesondere für Projekte, von denen mehrere Generationen betroffen sind, wurden neue Diskontierungsansätze erarbeitet. Diese beinhalten z.B. eine variierende Zeitpräferenzrate und erlauben es somit, bei der Diskontierung eine Generationenkomponente zu berücksichtigen. Die neueste Entwicklung stellt die sogenannte *generation adjusted discounting method* dar. Wie üblich werden Opportunitätskosten über die Berechnung von Konsumäquivalenten bzw. Kapitalschattenpreisen erfasst. Haben Investitionen intergenerationelle Auswirkungen, so führt dies bei Verwendung der *generation adjusted* Diskontierung zu einem höheren Schattenpreis des Kapitals als üblich. Orientierungsrichtlinie der *generation adjusted* Diskontierung ist der Zeitpräferenzansatz. Die Konsumdiskontierungsrate setzt sich additiv aus der reinen und der wachstumsbedingten Zeitpräferenzrate zusammen. Durch die wachstumsbedingte Zeitpräferenzrate werden Verteilungsgewichte berücksichtigt. Die *generation adjusted* Diskontierung geht davon aus, dass sowohl Nutzen- als auch Konsumgrößen innerhalb einer Generation entsprechend der jeweiligen Präferenzen diskontiert werden. Geht es um den Übergang zwischen den verschiedenen Generationen, so sind Konsumgrößen ausschließlich mit der wachstumsbedingten Rate abzuzinsen.

# Multikriterielle Analyse von Szenarien zur Landnutzungsänderung

Martin Drechsler

## 1 Warum multikriterielle Analyse?

Die heutige Zeit ist geprägt von einer hohen Pluralität von Werten und Meinungen. Dies gilt z.B. für die Frage, welches das „richtige“ Wirtschafts- und Sozialsystem ist, wie mit Umweltproblemen umgegangen werden soll, auf welches ethische Konzept sich menschliches Verhalten gründen soll etc. Ein weiteres Merkmal unserer Zeit ist ein hohes Maß an Unsicherheit, etwa darüber, wie sich das Klima entwickeln wird. Beide Aspekte, Pluralität und Unsicherheit hängen mit der Komplexität der Welt und der Probleme zusammen, mit denen wir uns beschäftigen. Sie erlauben meist keine klaren Antworten oder Richtlinien und lassen sich nicht eindimensional, sondern nur mehrdimensional erfassen. Die Dynamik komplexer Systeme ist praktisch unvorhersagbar, und jede Vorhersage ist daher mit großen Unsicherheiten belastet.

Eine Folge dieser Pluralität und Unsicherheit sind Konflikte darüber, wie ein bestimmtes Problem anzugehen ist oder allgemein, welche Handlungsmöglichkeit aus einem Satz möglicher Alternativen auszuwählen ist. Das Ergebnis eines solchen Entscheidungsprozesses hängt i.A. von der jeweiligen Gewichtung der verschiedenen angestrebten Ziele ab. In einer solchen Situation ist der einzige Ausweg eine Kompromissfindung. Ein solcher Kompromiss sollte dadurch gekennzeichnet sein, dass er einerseits die Gesamtheit aller Ziele möglichst gut erfüllt, andererseits keines der Ziele völlig vernachlässigt. Letzteres bezeichnet man als Vetoprinzip, d.h., wenn eine Handlungsalternative ein bestimmtes Ziel gar nicht erfüllt, so kann dieses Ziel ein „Veto“ gegen diese Alternative einlegen.

Nicht selten werden wichtige Entscheidungen aus dem „hohlen Bauch“ getroffen, also ohne die vorliegenden Informationen systematisch und rational auszuwerten und zu berücksichtigen. Ein solches Entscheidungsverhalten geht oft einher mit fehlender Transparenz, d.h. eine solche Entscheidung ist für Außenstehende oft nicht nachvollziehbar. Damit eine Entscheidung also allgemein akzeptabel sein kann, muss sie auf transparente Weise zustande gekommen sein. Selbst Transparenz wird aber nicht für Akzeptanz bei Betroffenen sorgen können, wenn diese mit ihren Vorstellungen nicht in das Entscheidungsverfahren eingebunden sind. Dies gilt sowohl für die Frage, welche Handlungsalternativen zur Debatte stehen, welche Ziele anzustreben sind, und welche Bedeutung sie jeweils haben.

Zusammenfassend sollte eine Entscheidungshilfe also die folgenden Eigenschaften besitzen bzw. Möglichkeiten anbieten:

- Berücksichtigung von Zielkonflikten,
- unterschiedliche Zielgewichtungen,
- Unterstützung bei der Suche nach Kompromissen,
- Vetorecht,

- Berücksichtigung von Datenunsicherheit,
- Transparenz,
- Partizipation.

Multikriterielle Analyse ist ein Instrument, das diese Anforderungen recht gut erfüllt. Das von mir für das „Nachhaltige Wasserwirtschaft und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet“<sup>1</sup> Projekt entwickelte Computer gestützte Entscheidungshilfeprogramm PRIM@TE legt dabei besonderes Augenmerk auf verschiedene Aspekte von Unsicherheit. Das PRIM@TE-Verfahren basiert auf dem PROMETHEE-Verfahren, einem sogenannten Outranking-Verfahren.

## **2 Unsicherheit und ihre Ursachen (Auswahl)**

Zwei Formen von Unsicherheit werden im Rahmen des Projekts „Torgauer Raum“ unterschieden: Informations- und normative Unsicherheit. Die Informationsunsicherheit ergibt sich aus der Tatsache, dass nicht alle entscheidungsrelevanten Faktoren exakt bestimmbar sind, so z.B. die Bewirtschaftungsintensität landwirtschaftlicher Nutzflächen. Datenunsicherheit ergibt sich ferner aus der Offenheit der Zukunft. So hängt die günstigste Entscheidung unter anderem davon ab, wie sich das Wirtschaftswachstum in Zukunft entwickeln wird.

Die zweite Form von Unsicherheit ist die normative oder Präferenzunsicherheit. Selten wird in einem Entscheidungsprozeß, an dem mehrere Personen beteiligt sind, Einigkeit über die Wichtigkeit der unterschiedlichen Entscheidungskriterien herrschen. Vielmehr wird hier eine hohe Variabilität vorliegen.

## **3 Das PRIM@TE-Verfahren**

Ausgangspunkt des Verfahrens ist die Multikriterienmatrix, die angibt, wie gut welche Handlungsalternative welches Entscheidungskriterium erfüllt. Für jedes einzelne Kriterium werden die Alternativen paarweise miteinander verglichen. Der „Gewinner“ bekommt eine gewisse Anzahl von Punkten zugewiesen, die durch die sogenannte Präferenzfunktion festgelegt ist. Das Ergebnis dieser Analyse ist für jedes Kriterium je eine partielle Präferenzmatrix. Die partiellen Präferenzmatrizen werden addiert, wobei solche Matrizen zu wichtigen Kriterien höheres Gewicht erhalten. Die resultierende Präferenzmatrix gibt für jedes Alternativenpaar an, welche Alternative wie stark dominiert. Aus der Matrix kann man schließlich die Rangordnung der Handlungsalternativen ablesen, die unvollständig sein kann, d.h. es wird zugelassen, dass nicht alle Alternativen miteinander vergleichbar sind.

Informationsunsicherheit wirkt sich so aus, dass die Elemente der Multikriterienmatrix keine fixen Zahlen sind, sondern Unsicherheitsintervalle darstellen. Bei der Analyse wird diese Unsicherheit u.a. dadurch berücksichtigt, dass beim paarweisen Alternativenvergleich über die Präferenzfunktion die Zahl der zugewiesenen Punkte davon abhängt, wie signifikant

---

<sup>1</sup> Aufgrund des für das Projekt relevanten Untersuchungsgebietes wird im Folgenden das Projekt als „Torgauer Raum“ bezeichnet.

eine Alternative die andere bei gegebenen Unsicherheitsintervallen übertrifft. Die normative Unsicherheit schlägt sich bei der Addition der partiellen Präferenzmatrizen in unsicheren Gewichten nieder. Diese Unsicherheit kann nicht aufgelöst, aber mittels Sensitivitätsanalyse sichtbar gemacht werden.

#### **4 Multikriterienmatrix für das Problem im „Torgauer Raum“**

Entscheidungskriterien für das Problem im Projekt „Torgauer Raum“ sind: Nettonutzen, Bruttowertschöpfung, Zahl der Arbeitsplätze, Grundwasserneubildung, Nitratkonzentration im Sickerwasser und naturschutzfachliche Bewertungskriterien. Die Handlungsalternativen („Szenarien“) bestimmen sich aus systematischer Kombination der beiden Handlungsoptionen, Trinkwasserschutz zonen zu reduzieren oder nicht und den Kiesabbau auszudehnen oder nicht (vgl. Messner et al. in diesem Bericht). Diese Matrix wird analysiert und die Rangordnung der Szenarien bestimmt in Abhängigkeit von den verschiedenen Unsicherheiten. Das Computer gestützte Verfahren und die Ergebnisse der MKA werden auf der Tagung präsentiert.

## Multikriterielle Entscheidungsanalyse, Gewichtung von Nachhaltigkeitskriterien und Unsicherheit

Rainer Brüggemann

*Multikriterielle Bewertungs- oder Entscheidungsprobleme* sind durch die Relevanz multipler Kriterien charakterisiert, die sich nicht in einfacher Weise auf ein *einzelnes* numerisches Kriterium reduzieren lassen. Dies zwingt den Entscheidungsträger, der vor der Notwendigkeit fundierter Bewertungen steht, oftmals dazu, unterschiedliche Perspektiven einzunehmen. Wir denken hierbei z.B. an die gezielte Entwicklung von *Testbatterien*, die auf kompakte Weise Informationen über Umweltmedien, wie Böden, Sedimente, Gewässer u.s.w. liefern sollen (hier interessiert vor allem der Gesichtspunkt der *Bewertung*, wenngleich eine solche Vorgehensweise auch Aufschluss über Prozesse und Mechanismen geben kann).

Mein Beitrag stellt nun die Anwendung der *Harsediagrammtechnik (HDT)* vor dem Hintergrund verschiedener ergänzender oder alternativer Methoden dar, die die Bewertung numerischer Daten zum Ziel haben. Diesen Methoden ist sämtlich eine Vorgehensweise eigen, die einzig von der HDT *umgangen* wird: die *Aggregation*.

Nicht nur in der Verknüpfung der Kriterien einer gegebenen Datenmatrix über eine (oftmals lineare) *Nutzenfunktion* erblicken wir eine Aggregation, eine solche liegt natürlich ebenso z.B. beim AHP-Verfahren (das auf den Vergleich der gegebenen Kriterien nach ihrer „Wichtigkeit“ abstellt) oder der Konkordanzanalyse (die einen Vergleich mit Normwerten vornimmt) vor. Diese (und andere) Beispiele werden hier diskutiert.

Derlei Reduktionen der Datenmatrix führen aber unglücklicherweise – werden sie lediglich durchgeführt, um „alles mit allem“ vergleichbar zu machen – zu nicht überschaubaren *Unsicherheiten* in der Bewertung. Das heißt, verschiedene Methoden liefern unterschiedliche Rangfolgen einer gegebenen Objektmenge, und diese Unsicherheiten variieren von Objekt zu Objekt. Hier greift die HDT: Sie ermöglicht u.a. die Quantifizierung (möglicher) Unsicherheiten in der Bewertung und eine differenziertere Sicht der Untersuchungsobjekte – nicht, um Aggregationen von vornherein überflüssig zu machen, sondern z.B. um scheinbare Widersprüche im Rahmen einer Testbatterie zu klären.

## **2.3 Umsetzung nachhaltiger Wasserbewirtschaftung und Landnutzung**

## Anreizsysteme zur Förderung von Naturressourcenschutz

Irene Ring, Frank Wätzold und Helga Horsch

Der Beitrag bezieht sich auf ökonomische Instrumente, die eine Minderung der Nutzungskonflikte zwischen Grundwasserschutz, Natur- und Landschaftsschutz und der wirtschaftlichen Entwicklung unterstützen. Es werden bestehende Instrumente wie Abgaben (Grundwasser) und Ausgleichszahlungen (Gewässerschutz, Natur- und Landschaftsschutz) diskutiert und hinsichtlich ihrer regionalen Umsetzung untersucht. Darüber hinaus werden Vorschläge für die Berücksichtigung von langfristigen und vorsorgeorientierten Ressourcenschutzleistungen im Rahmen des Kommunalen Finanzausgleichs begründet.

Die zur Diskussion stehenden ökonomischen Instrumente des Grundwasserschutzes sind auf die Ressourcenbepreisung und Honorierung von Leistungen für den Schutz von Grundwasser fokussiert. Damit soll ein Beitrag zur Lösung des Konfliktes zwischen Grundwasserschutz und wirtschaftlicher Entwicklung in Richtung Nachhaltigkeit geleistet werden, indem durch die Implementation marktorientierter Instrumente Kosten minimierende, gesellschaftliche Leistungen für die Umsetzung von Grundwasserschutzzielen unterstützt sowie auch Gewässer schonende, innovative Landnutzungen gefördert werden.

In diesem Zusammenhang wird geprüft, inwieweit die in Deutschland zur Anwendung kommenden Abgaben für Wasserentnahmen bereits eine Form der Ressourcenbepreisung und die Ausgleichszahlungen an Land- und Forstwirte eine Form der Honorierung von Leistungen für den Gewässerschutz darstellen und wie ihre allokativen Effizienz und distributive Wirkung zu beurteilen ist. Die empirische Analyse der Abgaben für Wasserentnahmen und Ausgleichszahlungen erfolgt beispielhaft für das Untersuchungsgebiet „Torgauer Raum“.

Die Brisanz der auf den Torgauer Raum bezogenen Untersuchungen ist der Situation geschuldet, dass einerseits in diesem Raum eine schwierige wirtschaftliche Situation vorgefunden wird und andererseits die Kommunen einen Grundwasserschutz von überregionaler Bedeutung gewährleisten, der vor allem der Sicherstellung einer überregionalen Trinkwasserversorgung dient. Von den großräumig ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebieten sind insbesondere die Landwirtschaft, die Siedlungen mit ihren Wohn-, Gewerbe- und Verkehrsflächen sowie der Kiesabbau betroffen. Die Nutzungsbeschränkungen und Kosten erhöhenden Auflagen ziehen Einkommensverluste sowohl für private Haushalte und Unternehmen (z.B. Landwirte und Gewerbetreibende) als auch für kommunale Haushalte nach sich und werden als hemmend für die ökonomische Entwicklung empfunden. Daraus resultiert u.a. der Vorschlag, die auflagenbedingten ökonomischen Verluste durch Entschädigungen zu kompensieren. Die Forderungen werden damit begründet, dass Kosten verursachende Leistungen für den Schutz von Grundwasser im Torgauer Raum erbracht werden, deren Nutzen aber hauptsächlich überregional zum Tragen kommt. Es ist also eine räumliche Schieflage zwischen Kostenträgern und Nutznießern von Maßnahmen des Grundwasserschutzes gegeben.

Es wird somit hinterfragt, inwieweit ökonomisch verträgliche und sozial gerechte Lösungen für Gewässer schonende Landnutzungen in der Region durch Honorierung von Leistun-

gen für den Gewässerschutz unterstützt werden können und welche Rahmenbedingungen dafür erforderlich sind.

Für den Bereich Natur- und Landschaftsschutz sind bestehende Abgabenslösungen wie die Ausgleichsabgabe im Rahmen der Eingriffsregelung für strukturschwache ländliche Räume aufgrund verminderter Investitionstätigkeit von geringerer Bedeutung, so dass hier lediglich Honorierungen von Leistungen für den Natur- und Landschaftsschutz in Betracht gezogen werden. In diesem Zusammenhang werden relevante Förderprogramme des Freistaates Sachsen wie die Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen des Natur- und Landschaftsschutzes, der Vertragsnaturschutz sowie das Kulturlandschaftsprogramm vorgestellt und hinsichtlich ihrer Entwicklung bezüglich der verausgabten Fördermittel und geförderten Flächen verglichen. Für Richtlinie und Kulturlandschaftsprogramm erfolgt eine empirische Analyse bezüglich ihrer räumlich differenzierten Inanspruchnahme im Torgauer Raum. Dabei verdeutlichen die empirischen Ergebnisse einerseits die wesentlich höheren Kosten von primär auf Schutzleistungen zielenden Maßnahmen der Richtlinie im Vergleich zum Kulturlandschaftsprogramm, welches primär auf eine Extensivierung der Grünlandbewirtschaftung und damit auf eine umweltverträglichere Landnutzung zielt. Andererseits ermöglicht die räumlich differenzierte Erfassung der Inanspruchnahme von Naturschutz-Fördermitteln eine vergleichende Analyse mit entsprechenden räumlich differenzierten Erhebungen der Ausgleichszahlungen für den Gewässerschutz sowie der Neuansiedlungen von Gewerbe und Industrie. So lassen sich Schlüsse ziehen, ob hohe Ressourcenschutzleistungen in den betreffenden Kommunen tatsächlich im Konflikt mit wirtschaftlicher Entwicklung im Sinne von Gewerbeneuansiedlungen stehen.

Abschließend werden Möglichkeiten erörtert, insbesondere langfristige und vorsorgeorientierte Ressourcenschutzleistungen, die nicht zuletzt aufgrund ihrer Eigenschaften als öffentliches Gut in weiten Bereichen der Initiative kommunaler Entscheidungsträger unterliegen, in den Kommunalen Finanzausgleich einzubeziehen. Der Kommunale Finanzausgleich berücksichtigt bislang praktisch ausschließlich sozioökonomische öffentliche Aufgaben sowie entsprechende Indikatoren zur Bestimmung der Finanzausstattung von Kommunen. Im Bereich der ökologischen öffentlichen Aufgaben sind derzeit lediglich infrastrukturelle (z.B. Wasserversorgung) und nachsorgende (z.B. Abfall- und Abwasserentsorgung) Investitionen weitgehend erfasst. Somit besteht eine Finanzierungslücke für Ressourcenschutzleistungen, die aufgrund ihrer weiträumigen Flächeninanspruchnahme in erster Linie von ländlichen Räumen zu tragen sind. Die entstehenden Kosten und Nachteile gilt es im Sinne einer nachhaltigen Regionalentwicklung zu kompensieren, um ein Unterangebot entsprechender Leistungen zu verhindern. Dies könnte durch eine systematische Integration von auf Ressourcenschutz ausgerichteten öffentlichen Aufgaben in den Kommunalen Finanzausgleich gewährleistet werden.

## Ökologisch-ökonomische Modellierung zur Ableitung von ökonomischen Instrumenten für den Artenschutz am Beispiel des Weißstorches

Frank Wätzold, Karin Johst und Martin Drechsler

Seit Anfang der neunziger Jahre haben ökonomische Anreizinstrumente in Form von Kompensationszahlungen für ökologische Leistungen im Natur- und Artenschutz verstärkt Eingang in die praktische Umweltpolitik gefunden. Damit verbunden stellt sich die Frage der ökologisch effektiven und ökonomisch effizienten Ausgestaltung solcher Kompensationszahlungen in Bezug auf den Schutz einer spezifischen Art. In unserem Beitrag entwickeln wir ein methodisches Vorgehen zur Ausgestaltung eines effizienten und effektiven Kompensationssystems für eine bestimmte Art. Wir erläutern unser auf der interdisziplinären Kooperation von Ökonomen und Ökologen beruhendes Vorgehen am Beispiel der Entwicklung eines Schutzkonzeptes für den Weißstorch.

In Deutschland gewährleisten viele der ursprünglichen Brutgebiete des Weißstorches während der Aufzucht der Jungstörche keine ausreichende Nahrungsversorgung mehr. Der Grundgedanke des von uns entwickelten Schutzkonzeptes basiert deshalb darauf, dass während der gesamten Aufzuchtzeit der Jungtiere in der Umgebung eines Horstes immer frisch gemähte Wiesen für den Storch zur Futtersuche zur Verfügung stehen. Hier kann er Beutetiere, wie Mäuse, Regenwürmer u.ä., besser finden als auf Wiesen mit hoher Vegetation.

Wir benutzen ein ökologisches Simulationsmodell, um zu bestimmen wie eine aus ökologischer Sicht effektive landwirtschaftliche Wiesenbewirtschaftung im Detail aussehen muss. Mit Hilfe des Modells können wir bestimmen, wie die Änderung des Bruterfolgs von der Anzahl der für den Storchenschutz zur Verfügung stehenden Wiesen, deren räumlicher Anordnung zu den Horsten und den konkreten Mahdterminen abhängt.

Die von uns vorgeschlagene Form der Wiesenbewirtschaftung ist für die Landwirte mit Kosten verbunden. Zur Durchsetzung unseres Konzeptes schlagen wir aus Verteilungs- und Effizienzgründen das Instrument der Kompensationszahlungen vor. Das von uns entwickelte Kompensationssystem knüpft an die sich aus den Modellierungsarbeiten ergebende optimale Schutzstrategie aus ökologischer Sicht an. Es soll so ausgestaltet sein, dass zusätzlich zu den normalen Mahdterminen der Landwirte Ende Mai und Ende Juli noch fünfmal im Umkreis von 5 km des Horstes eine zusätzliche Mahd einer 1 ha großen Wiese erfolgt. Die Kompensationszahlungen sind in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsform differenziert auszugestalten. Vollzugsprobleme dürften bei dem vorgeschlagenen Kompensationssystem nur in geringem Umfang auftreten. Bei der Ausgestaltung von Kompensationszahlungen ist zu berücksichtigen, dass möglicherweise nicht genug finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen, um bei allen existierenden Horsten im ökologischen Sinn optimale Storchenschutzmaßnahmen durchzuführen. In diesem Fall muss die Struktur der Kompensationszahlungen so verändert werden, dass die knappen Mittel effizient eingesetzt werden, d.h. die Anzahl der überlebenden Jungstörche maximiert wird. Grundsätzlich können bei Mittelknappheit mit Blick auf die Ausgestaltung der Kompensationszahlungen drei Parameter ver-

ändert werden: Die Anzahl der Horste bei denen die Staffelmahd gefördert wird, die Anzahl der Wiesen pro teilnehmendem Horst und die Anzahl der Mahdtermine, für die die Landwirte entschädigt werden. Welche Parameteränderung bei welchem Budget zur effizienten Mittelvergabe führt, kann mit Hilfe ökologisch-ökonomischer Modellierung, also der Integration der Kompensationszahlungen in die ökologische Modellierung, beantwortet werden. Die bei der Entwicklung des Kompensationssystems verwandte Methodik fasst die folgende Graphik zusammen (Abb. 1):

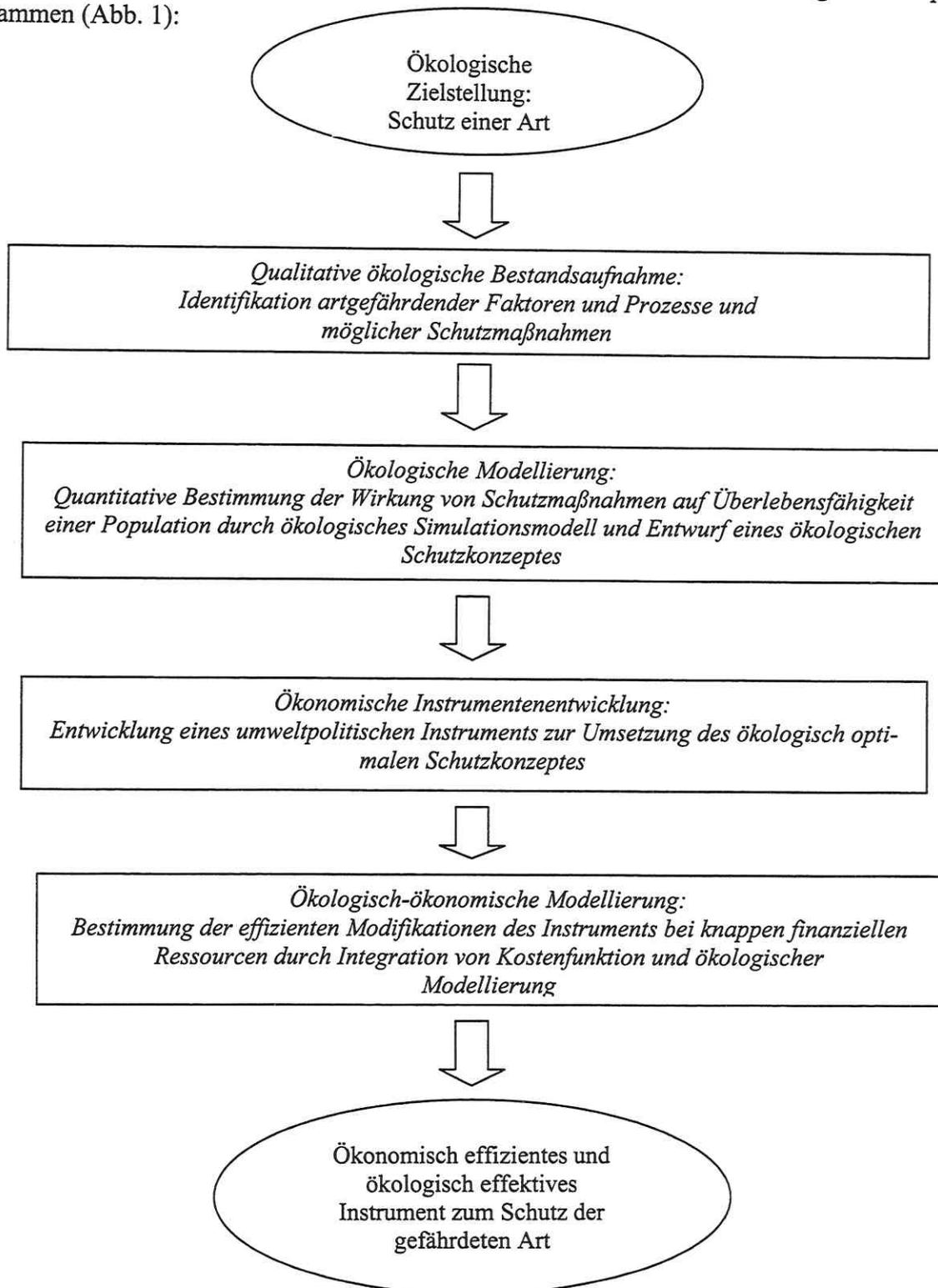


Abb. 1: Methodik zur Entwicklung des Kompensationssystems

## Das künftige Schicksal der deutschen Abwasserabgabe unter dem Einfluss der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Dieter Ewringmann

Angesichts der vielen Überraschungen, die die Abwasserabgabe in ihrer bisherigen Entwicklung geboten hat, wäre es sicherlich vermessen, ihre künftige Entwicklung prognostizieren zu wollen. Es sollen daher einige unterschiedliche Perspektiven diskutiert und in ihren möglichen Konsequenzen gewürdigt werden.

1. Die neue Wasserrahmenrichtlinie der EU könnte das künftige Schicksal der Abwasserabgabe völlig unberührt lassen. Die Abgabe hat sich national einen festen Befürworter- und Gegnerstamm geschaffen, so dass ihre weitere Behandlung auch ausschließlich in der Konkurrenz dieser widerstreitenden Interessen entschieden wird. Gegenwärtig – vor der 5. Novelle – gibt es Stimmen für ihre Abschaffung und Stimmen für eine Vereinfachung durch Einführung einer Messlösung.

2. Die Wasserrahmenrichtlinie könnte die Abgabe und damit auch die Pläne für weitere Novellierungen überflüssig machen, weil das Bewirtschaftungsinstrumentarium so weit verbessert wird, dass die Ziele auch ohne Abgabe erreichbar erscheinen.

In systematischer Hinsicht spricht jedoch einiges dagegen: Denn die Rahmenrichtlinie wird das ökonomisch verstandene Verursacherprinzip im Ansatz stärken. Und über das ordnungs- bzw. planungsrechtliche Instrumentarium alleine ist eine vollständige Umsetzung des Verursacherprinzips nicht möglich: Das Verursacherprinzip fordert die Anlastung der Kosten für Vermeidung, Ausgleich und Beseitigung von Schäden, also auch für die nach allen Anstrengungen verbleibenden Restbelastungen.

Prinzipiell müsste damit die künftige Rolle der Abwasserabgabe als Restverschmutzungsabgabe gestärkt werden. Das heißt : auch die Rahmenrichtlinie bietet gute Argumente, um die vor allem vom Finanzwissenschaftlichen Forschungsinstitut an der Universität zu Köln vorgelegten Vorschläge für eine Tarifkorrektur und Verstärkung des Anreizes im Restverschmutzungsbereich intensiver zu verfolgen.

3. Die Rahmenrichtlinie könnte, da sie Regionalisierungsimpulse und Immissions- bzw. Gewässerqualitätsvorstellungen stärker akzentuiert, auch für die Abwasserabgabe eine Regionalisierung bzw. Differenzierung nach Gewässerqualitätsmerkmalen nahe legen.

Zum einen könnte damit der Vollzug räumlich differenzierter Einleitungsanforderungen auch über ein spezielles Anreizinstrument differenziert unterstützt werden.

Zum anderen entspräche dies der Logik einer Restverschmutzungsabgabe, die letztlich im Immissionsschutz, also in der Gewässerqualität verwurzelt ist. Künftige Novellierungen des

Abgabegesetzes sollten daher die Möglichkeiten zusätzlicher Bewirtschaftungs- und Gewässerqualitätsdifferenzierungen prüfen.

Zu prüfen ist dabei, ob

- eine gezielte Differenzierung in der Bemessungsgrundlage vorgenommen werden sollte (z.B. vorfluterspezifische Differenzierung der Schädlichkeitsparameter),
- nach Vorfluter oder Regionen gestaffelte Einleitungsanforderungen wie im ursprünglichen AbwAG bei der Abgabenermäßigung berücksichtigt werden sollten,
- die Abgabensätze regionalisiert werden können,
- das Aufkommen räumlich gezielt umverteilt werden soll.

Das AbwAG ist zu derartigen Differenzierungen nach einer gründlichen Novellierung geeignet. Damit würden zudem traditionelle Anliegen der Umweltökonominnen und der Wasserwirtschaftler berücksichtigt.

# Ökonomische Instrumente zur Förderung einer umweltverträglichen Landwirtschaft

Peter Gullich

Spätestens seit der Konferenz von Rio wird eine intensive wissenschaftliche und politische Diskussion über eine nachhaltig zukunftsverträgliche Entwicklung geführt. Besonders intensiv geschieht das im Bereich der Landwirtschaft, weil hier ökologische, ökonomische und soziale Aspekte in einer traditionell engen Verzahnung berührt werden.

Es darf heute mit einiger Berechtigung davon ausgegangen werden, dass gesellschaftlicher Konsens darüber besteht, dass die Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Landwirtschaft zwar notwendig ist, aber allein keine nachhaltige Entwicklung sichern kann. Vielmehr ist neben der Beachtung ökologischer Erfordernisse auch die Berücksichtigung ökonomischer und sozialer Interessen unverzichtbar (Abb. 1).

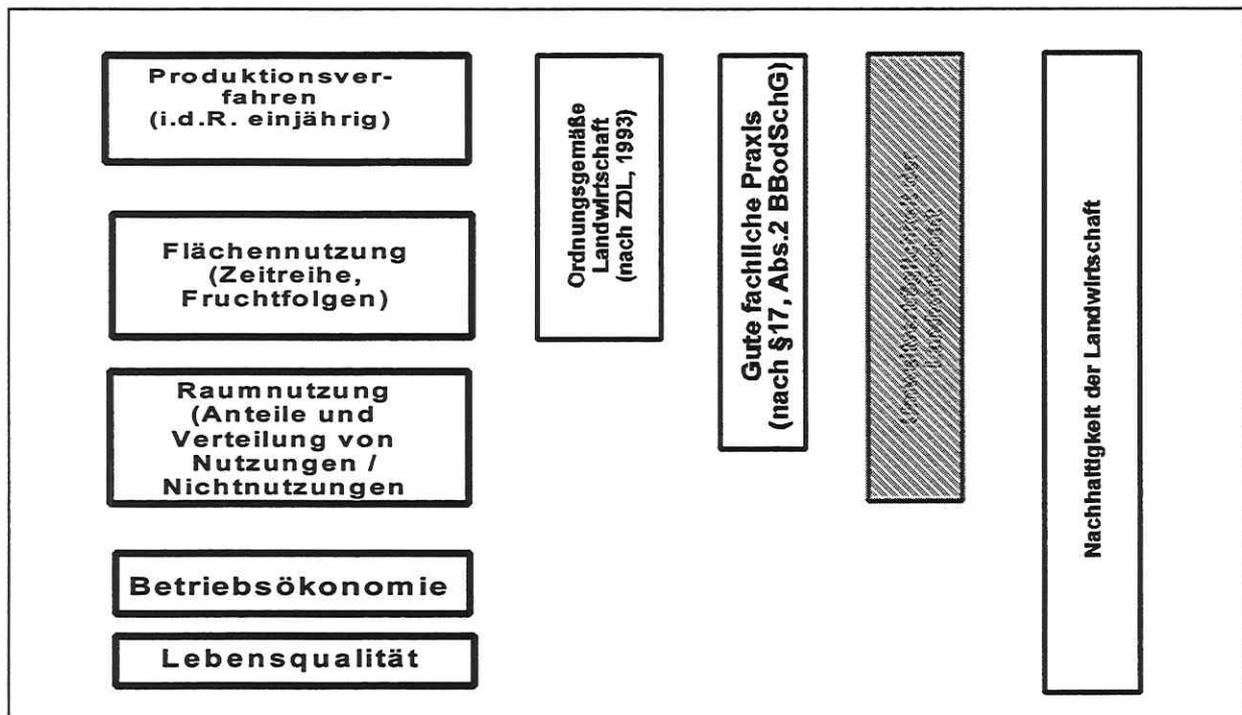


Abb. 1: Ordnungsgemäße Landwirtschaft – Nachhaltigkeit, Versuch einer Abgrenzung

Ökonomische Instrumente zur Förderung der Umweltverträglichkeit von Landwirtschaft unterscheiden sich nach ihrem Wirkungsziel:

## 1 Förderprogramme (Freiwilligkeit der Inanspruchnahme)

- 1.1 Ersatz zusätzlicher Aufwendungen / Ausfälle, die gewollte Entwicklungen nach sich ziehen
- 1.2 Zuschüsse zu Investitionen, die für umweltverträglichere Erzeugungsverfahren notwendig sind

1.3 Erstattung von zusätzlichen Aufwendungen, die Landwirte haben, um die Umweltverträglichkeit ihres Wirtschaftens zu analysieren und Schwachstellen zu finden.

**Zu 1.1:** Für das Thüringer Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) konnten bei seiner Evaluierung überwiegend äußerst positive Umweltwirkungen auf Vegetation und ausgewählte Elemente der Fauna festgestellt werden. Die Abdeckung des monetären extensivierungsbedingten Verlustes beträgt insgesamt 57% (Abb. 2).

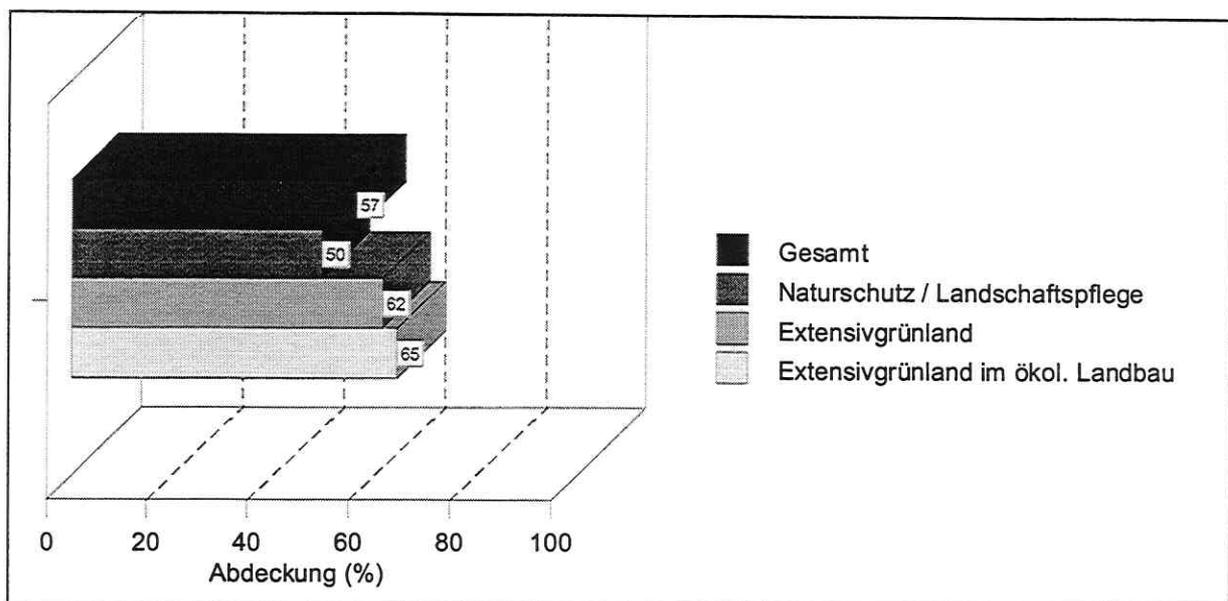


Abb. 2: Abdeckung des extensivierungsbedingten Verlustes nach KULAP

**Zu 1.3:** In der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft wurde seit 1994 das System „Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung“ (KUL) entwickelt und erprobt. Zielvorstellung ist der dauerhafte Erhalt der Produktionsfunktion, ohne die sonstigen Funktionen des Agrarökosystems und angrenzender Ökosysteme mehr als unumgänglich zu beeinträchtigen. Mehrjährige Untersuchungen zeigten, dass intolerable Umweltbelastungen nicht an die Bewirtschaftungsintensität, wohl aber an die Qualität des Betriebsmanagements gebunden sind. Deshalb sollte das System KUL als Instrument zur Aufdeckung von betrieblichen Schwachstellen angewendet werden. Speziell dafür wurde ein zusätzlicher Programmteil des Thüringer KULAP vorgeschlagen, der den Aufwandsersatz für Beschaffung und Aufarbeitung der notwendigen Betriebsdaten ebenso vorsieht wie einen monetären Anreiz zur Erfüllung von KUL – Kriterien.

## 2 Finanzielle Folgewirkungen privatrechtlichen Handelns des Staates

### 2.1 Entschädigung für entgangenes Nutzungsrecht infolge staatlichen Flächenerwerbs und nachfolgender Nutzungsänderung

Untersuchungen im Rahmen eines BMBF-geförderten Projektes zu Renaturierungsmaßnahmen an der Unstrut haben gezeigt, dass eine Wiederherstellung naturnaher Auen nicht ohne

gravierende Nutzungsänderungen bis hin zur Nutzungsaufgabe von landwirtschaftlichen Flächen zu realisieren ist. Die durchgeführten Modelluntersuchungen an einem hauptsächlich betroffenen Landwirtschaftsunternehmen erlauben folgende Feststellungen:

- Ein 10 bis 20%iger Flächenverlust führt zu 8 bis 13% Verminderung der Kennzahl Unternehmensgewinn + Löhne.
- Bei Inanspruchnahme aller Fördermöglichkeiten und unter Wahrung aller vorhandenen Rechtsansprüche kann der notwendige Ausgleich des dem Landwirtschaftsunternehmen entstehenden Gewinnausfalls in einem Anpassungszeitraum (Restlaufzeit aufzuhebender Pachtverträge) erfolgen.
- Je ha betroffener Fläche ergibt sich eine dauerhafte Wertschöpfungsminde- rung von 920 bis 1070 DM
- Während die Landnutzung im Untersuchungsgebiet in der Referenzsituation (Referenz- jahr 1996/97) in einem fiktiven 10-Jahreszeitraum den verschiedenen öffentlichen Haus- halten 6.627 DM/ha kostet, würden die öffentlichen Ausgaben für den gleichen Raum ein- schließlich renaturierungsbedingter Aufwendungen, soweit sie den landwirtschaftlichen Bereich betreffen, bei 8.000 bis 8.200 DM/ha liegen. Berücksichtigt werden muss dabei die jährliche Mehrbelastung des Landeshaushaltes um rund 1 Mio. DM und die jährliche Entlastung des Haushaltes der EU um rund 400.000 DM.

# **Politikoptionen für eine umweltverträgliche wirtschaftliche Entwicklung auf kommunaler Ebene**

Frank Wätzold und Eckhard Müller

## **1 Einleitung**

Ländliche Räume sind insbesondere in den neuen Bundesländern oft gekennzeichnet durch eine brachliegende wirtschaftliche Entwicklung, die mit hoher Arbeitslosigkeit verbunden ist. Diese Merkmale treffen auch auf den Torgauer Raum zu. Beispielsweise betrug das regionale Lohnniveau 1996 nur 84 % des sächsischen Durchschnitts und die offizielle Arbeitslosenquote lag im Januar 1999 bei 22 %. Im Unterschied zur ungünstigen wirtschaftlichen Lage ist der Torgauer Raum durch eine reiche Naturausstattung gekennzeichnet. Hiermit stellt sich die Frage, wie eine erfolgreiche wirtschaftliche Entwicklung initiiert werden kann, die die reiche Naturausstattung nicht zerstört oder beeinträchtigt. Im Kontext dieser allgemeinen Fragestellung wurden drei spezielle Aspekte untersucht:

## **2 Kommunale Institutionen und Organisationen als Motor wirtschaftlicher Entwicklung**

Ein Projekt beschäftigte sich mit der Bedeutung von kommunalen Institutionen und Organisationen für die wirtschaftliche Entwicklung. Als theoretische Grundlage wurde auf die Theorie des Institutionenwettbewerbs von Douglas North zurückgegriffen. Norths zentrale These ist, dass die Ausgestaltung von Institutionen (formalen und informellen Regeln) und deren Wandel für die wirtschaftliche Entwicklung von Volkswirtschaften bestimmend ist. Institutioneller Wandel wird durch den Einfluss von Organisationen hervorgerufen, die durch den Zusammenschluss von Individuen entstehen, der durch ein gemeinsames Ziel motiviert ist.

Im Hinblick auf die Bedeutung von Institutionen und Organisationen für die Entwicklung ländlicher Räume lässt sich konstatieren, dass die kommunale Wirtschaftspolitik insbesondere bei der Entscheidung, in welcher kleinräumigen Region ein Unternehmen seinen Standort wählt, durchaus von Bedeutung ist. Im Rahmen der kommunalen Wirtschaftspolitik spielt die Ausgestaltung von Organisationen und Institutionen eine wichtige Rolle. Beispiele hierfür sind Vereinfachung und transparente Ausgestaltung von Verwaltungsverfahren, Kooperationsbereitschaft von kommunalen Organisationen sowie die Förderung einer positiven Einstellung zur Wirtschaft.

Im Rahmen des Projektes wurde folgende methodische Vorgehensweise gewählt: Zuerst wurden die für eine wirtschaftliche Entwicklung im Torgauer Raum relevanten Organisationen und Institutionen bestimmt. Anschließend wurde ermittelt, wie die für die wirtschaftliche Entwicklung der Region zentralen Akteure, die Unternehmen, die Wichtigkeit der einzelnen Organisationen und Institutionen einschätzen, und wie sie mit ihnen zufrieden sind. Daran anknüpfend wurden Verbesserungsvorschläge für die Ausgestaltung kommunaler Organisationen und Institutionen erarbeitet.

### **3 Wirtschaftliche Entwicklung und Schutzgebietsausweisungen**

In der politischen Diskussion wird oft behauptet, dass die mit einer reichen Naturausstattung häufig zusammengehenden Restriktionen in der Form von Natur- und Landschaftsschutzgebieten die wirtschaftliche Entwicklung behindern. Es wurde untersucht, ob diese Hypothese für den durch großflächige Schutzgebietsausweisungen gekennzeichneten Torgauer Raum zutrifft.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass durch die Natur- und Landschaftsschutzgebietsausweisungen aktuell keine oder nur eine geringfügige Behinderung der wirtschaftlichen Entwicklung vorhanden ist. Dies kann sich ändern, wenn im Rahmen einer durchgreifenden wirtschaftlichen Entwicklung etwa Gewerbeflächen knapp werden. Selbst in einem solchen Fall ließ sich unter wirtschaftsnahen Akteuren mehrheitlich eine Präferenz für einen „Kompromiss zwischen Naturschutz und wirtschaftlicher Entwicklung“ feststellen und nicht für den Vorrang wirtschaftlicher Entwicklung.

Weiterhin ist hervorzuheben, dass die „Landschaftsschönheit“ des Torgauer Raumes, zu deren Schutz Natur- und Landschaftsschutzgebiete beitragen, nicht unwichtig für die wirtschaftliche Entwicklung der Region ist, selbst wenn man von den direkten ökonomischen Impulsen für die Tourismusbranche absieht. Im Torgauer Raum gibt es inzwischen viele Arbeitspendler, deren Kaufkraft zur ökonomischen Entwicklung des Raumes beiträgt, und es wird dem Standortfaktor „Schönheit der Landschaft“ von den im Torgauer Raum in Gewerbegebieten angesiedelten Unternehmen im Vergleich zu anderen Standortfaktoren eine immerhin „mittlere“ Bedeutung beigemessen.

### **4 Nutzung des Erholungspotenzials für eine umweltverträgliche wirtschaftliche Entwicklung**

Eine weitere Möglichkeit der Initiierung einer umweltverträglichen wirtschaftlichen Entwicklung im Torgauer Raum wird in der Nutzung und Entwicklung des Erholungspotenzials gesehen, das als Ziel einer Förderung zunächst differenziert analysiert werden muss. Dazu werden erholungsrelevante Landnutzungs- und Infrastrukturen auf kommunaler Ebene untersucht und Möglichkeiten ihrer Bewertung vorgestellt sowie die regionale Differenzierung des öffentlichen Personennahverkehrs analysiert und eingeschätzt. Eine Fördermaßnahme im Raum des Torgauer Elbland- und Heidegebietes ist die EU - Gemeinschaftsinitiative LEADER II (Liaison Entre Actions des Development de l'Economie Rurale). Ihre Hauptziele und die regionalspezifische Umsetzung ausgewählter Projekte werden vorgestellt.

## Konzepte nachhaltiger Regionalentwicklung: Erfahrungen in der Umsetzung

Harald Spehl

Der Begriff „Sustainable Development“ wird im Deutschen unterschiedlich übersetzt und droht zu einer inhaltsleeren Formel zu werden. In diesem Beitrag wird der Begriff „Nachhaltige Entwicklung“ verwendet, wobei sowohl die ökologische, die ökonomische als auch die soziale Dimension einbezogen wird. Bei konkreten Schritten in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung werden unterschiedliche Positionen vertreten. Zum Einen findet man den Standpunkt, dass Konzepte nachhaltiger Entwicklung einer Konkretisierung und Operationalisierung dieser drei Dimensionen bedürfen, damit die Entwicklungsrichtung planbar und Erfolge oder Misserfolge feststellbar werden. Zum Anderen wird „Nachhaltige Entwicklung“ als eine regulative Idee gesehen, die Such-, Lern- und Erfahrungsprozesse der gesellschaftlichen Akteure in bestimmte Richtungen lenkt (Enquete-Kommission 1998, Schleicher-Tappeser et al. 1997). In diesem Spannungsfeld bewegen sich auch Konzepte nachhaltiger Regionalentwicklung.

Die Regionen sind eine wichtige Handlungsebene zwischen Kommunen und Nationalstaaten. In der Region treffen sich lokale und globale Tendenzen. Die Orientierung auf die Region bildet den Gegenpol zu Welt umspannenden Wirtschaftsinteressen und Machtstrukturen, sie setzt den weltweiten „Patentrezepten“ die Stärke der einzelnen Regionen entgegen. Für alle, die ökologischen Wohlstand in der Heimat schaffen wollen, ist die Region das ideale, überschaubare und kulturell bestimmte Handlungsfeld (Toblacher Thesen 1995, Nr. 4).

In den vergangenen Jahren sind für verschiedene Regionen von unterschiedlichen Personengruppen Konzepte für eine nachhaltige Regionalentwicklung ausgearbeitet worden, von denen hier Beispiele aus Deutschland, Österreich und der EU vorgestellt werden. Bei aller Unterschiedlichkeit im Detail ergeben sich eine Reihe gemeinsamer Ansatzpunkte und Fragestellungen. Sie betreffen die Abgrenzung der Regionen und das Verständnis der Beteiligten von „ihrer“ Region. Diese alte Frage stellt sich im Kontext einer nachhaltigen Regionalentwicklung neu. Weiter geht es um die Spannung zwischen intraregionaler Orientierung und interregionalen Verflechtungen, die eine Entscheidung der regionalen Akteure erfordert. Dabei zeigt sich, dass die Informationsgrundlagen für eine solche Entscheidung sehr dürftig sind. Zum Dritten ergibt sich, dass es für Regionen bei entsprechender Ausrichtung auf ein Leitbild der nachhaltigen Regionalentwicklung gute Handlungsoptionen gibt, d.h. die internationalen und nationalen Restriktionen sind zwar vorhanden, lassen aber unterschiedliche regionale Reaktionen zu. Zum Vierten wird deutlich, dass die Konkretisierung und Operationalisierung der drei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung auf regionaler Ebene eine schwierige Aufgabe darstellt. Sie ist im ökologischen Bereich am weitesten, im ökonomischen deutlich weniger und im sozialen Bereich am wenigsten geleistet. Zum Fünften ergibt sich, dass die vorhandenen statistischen Quellen nur teilweise dem Informationsbedarf einer Strategie der nachhaltigen Regionalentwicklung entsprechen. Die eigene Erhebung entsprechender Informationen ist kostspielig und zeitaufwendig. Von großer Bedeutung für die Realisierung von

Konzepten einer nachhaltigen Regionalentwicklung sind schließlich regionale Netzwerke und regionale Kooperationen, die neben die marktlichen und staatlichen Koordinationsformen treten.

An ausgewählten Beispielen werden positive und negative Erfahrungen mit der Umsetzung von Konzepten nachhaltiger Regionalentwicklung dargestellt. Es zeigt sich, dass es auch acht Jahre nach der Konferenz von Rio eine weit verbreitete Skepsis gegenüber dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung gibt. Vielfach ist auch eine Diskrepanz zwischen allgemeinen Bekenntnissen zu diesem Leitbild und den konkreten Programmen und Maßnahmen festzustellen. Bei der Umsetzung stehen oft Einzelaspekte oder -projekte im Vordergrund. Dies kann am Beispiel einer Untersuchung zur Regionalplanung in Deutschland gezeigt werden (Kaether 1999). Am Beispiel des Landesentwicklungsprogramms Luxemburg wird die zentrale Bedeutung der politischen Ausrichtung der Akteure deutlich (MAT 1999). Das Modellvorhaben „Regionen der Zukunft“ zeigt einerseits die Vielfalt der Umsetzungsversuche, aber auch die Gefahr einer symbolischen Politik, wenn Modellversuche nicht zur Grundlage einer Strategie für eine nachhaltige Regionalentwicklung werden, sondern eine solche erübrigen sollen (BBR 1998). Es ergeben sich eine Reihe von Schlussfolgerungen:

1. Mit Projekten, bei denen (fast) alle gewinnen, lassen sich regionale Blockaden auflösen. Solche Projekte gibt es in allen Regionen.
2. Einfache Projekte eignen sich als Einstieg. Erfolgserlebnisse ermutigen die Akteure, weitere Schritte in Richtung einer nachhaltigen Regionalentwicklung zu gehen.
3. Regionale Krisen ermöglichen neue Wege. Nachhaltige Regionalentwicklung kann dann zum Leitbild werden.
4. Regionale Schlüsselbereiche als Ansatzpunkt für eine nachhaltige Regionalentwicklung führen zu hohen Zielbeiträgen, beinhalten aber auch hohe Risiken.
5. Personen spielen eine wichtige Rolle als Promotoren wie als Verhinderer einer nachhaltigen Regionalentwicklung.
6. Die Ausrichtung am Leitbild einer nachhaltigen Regionalentwicklung ist bei Legislaturperioden von 4-5 Jahren für Politiker eine riskante Strategie. Sie ist Erfolg versprechend, wenn eine Honorierung durch die Wähler erwartet werden kann.

## Literatur

- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (1998) Regionen der Zukunft – regionale Agenden für eine nachhaltige Raum- und Siedlungsentwicklung, Bonn
- Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages (1998) Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung, Bonn
- Kaether, J. (1999) Weiterentwicklung und Präzisierung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung in der Regionalplanung und regionalen Entwicklungskonzepten. In: Hübler, K.-H., Kaether, J. (Hrsg.) (1999) Nachhaltige Raum- und Regionalentwicklung – wo bleibt sie? Berlin, 93-106
- Ministère de L'Aménagement du Territoire Grand-Duché de Luxembourg (MAT) (1999) Programme Directeur d'Aménagement du Territoire, Projet, Luxembourg
- Schleicher-Tappeser, R., Strati, F., Thierstein, A., Walser, M. (1997) Sustainable Regional Development – A comprehensive approach, Freiburg (EURES discussion paper dp-60)
- Spehl, H. (2000) Nachhaltige Entwicklung und ökologische Ökonomie – ein neuer Ansatz für Raumordnung und Regionalpolitik. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) Beiträge zur theoretischen Grundlegung der Raumentwicklung, Hannover, 112-131
- Toblacher Gespräche (1995) Heimat – ökologischer Wohlstand in der Region, Bozen

### **3 Poster**

## Modelling Pesticide Input into Surface Waters in Germany

Martin Bach, Andreas Huber und Hans-Georg Frede

The amount of pesticides reaching the water resources varies considerably in time and space and is highly dependent upon application rates, chemical characteristics of pesticides as well as soil and climate conditions. Any *conceptual approach* to reduce water pollution caused by agricultural chemicals is likely to remain ineffective if the sources of pesticide inputs or transport processes are not known on a regional scale. Spatially distributed modelling of pesticide losses may help to identify the most relevant pesticides, their pathways of entry, the site conditions and the application techniques respectively for water contamination.

The model estimates the diffuse input of pesticides into surface waters separately for the *three pathways of entry* tile drainage, surface runoff and spray drift. Other non-point sources such as atmospheric deposition or wind erosion are not considered to be relevant. Additionally, sediment-bound pesticide loss is also not taken into consideration because for the most common pesticides in German agriculture the bulk of active ingredient (a.i.) is transported in the aqueous phase. The GIS-based model needs a set of digital maps, e.g. administrative units, agroecological zones, soils, annual precipitation, frequency of storm events, drainage density, CORINE Land Cover, etc. Modelling for the entire area of Germany used a spatial resolution of a 1 x 1 km<sup>2</sup> grid. Furthermore the model requires data of the physico-chemical properties (Koc, DT50) as well as the quantities and the dates of application of a.i. on a regional scale. This information was gained for the 42 a.i. with the largest volume of sales in 1994 in Germany from a representative market survey of 3500 farmers. CORINE Land Cover data and results of agricultural census at the community level were used to enhance the spatial resolution of the application pattern of the a.i. (for details refer to Bach et al. 2000, Huber 1998).

The calculation of *tile drainage input* into surface waters is carried out in two steps. First, based on the PELMO model for all combinations of site conditions and pesticide applications in Germany, the portion of an a.i. which has leached to a soil depth up to 0.8 m is simulated. Pesticide quantity leached below 0.8 m is then assumed to enter tile drains. It is then transported to the surface water system depending upon tile drain density in each grid cell, which is taken from a map of average tile drain density in Germany. The leaching of pesticides into groundwater and a possible input of a.i. into surface waters via outflowing groundwater were not taken into account.

The estimation of the pesticide input from *surface runoff* starts with the determination of the mean probability of the occurrence of a runoff caused by a rainstorm. The average time between application and runoff event can be described in a stochastic way. Here the Gumbel distribution is used to describe the probability for the average time between significant rainfalls. The runoff volume is determined using the method for calculating highwater flow developed by Lutz (1984), based on SCS-curve number method modified for Central European conditions. A probability density function combines the average length of time

between significant rainfalls with the breakdown coefficient of an a.i. and gives the amount of pesticide available for transport at the time when runoff begins. Finally the concentration of a.i. (dissolved phase only) in the runoff is calculated according to the GLEAMS model.

The BBA-table values are used to calculate *spray drift deposition* on surface waters. For field crops a mean distance to the body of water of 2 m during the application was assumed and 5 m for vineyards and orchards.

For the *evaluation of the modelling results* the measured pesticide loads in rivers and the modeled diffuse input had been compared for 13 catchments in Germany. For 33 of the 63 paired values (measured/modeled) the difference between modeled input and measured load is less than a factor of 5. This range is considered as acceptable for simulation models according to the FOCUS working group. However, it is not possible to validate the prediction accuracy for a single pathway because none of the studies (except one) listed river loads for each pathway separately.

The model tends to underestimate loads in those catchments where measured pesticide load exceeds about 100 g. A possible explanation is the existence of point sources which are more probable in larger catchments, while in small catchments point sources are often excluded by the selection of monitoring sites. Especially in small catchments it is likely that errors due to generalization of spatial input data distort model results. With respect to these limitations both data sets show a high agreement in the order of magnitude.

Based on the model approaches the *non-point source input of a.i. into surface waters* amounted to ca. 14 t for the sum of 42 agriculturally used a.i. in 1994 for the entire area of Germany, clearly dominated by runoff with 9060 kg a.i. The estimated input however, reacts very sensitively to the assumptions on which the modelling is based. To account for parameter uncertainty inherent to all regional scale models, computed loads are given together with their *confidence ranges* derived from sensitivity analysis. Using these methods the mean total pesticide input into surface waters of ca. 14 t a.i. in 1994 in Germany is estimated as ranging from ca. 2 t to ca. 42 t a.i.

The crucial issue in the development of concepts to improve water quality is the determination of the most important pathways of entry of pesticides into waters. No regional scale model is able to calculate the exact amount of pesticide loss to surface water because transport processes are of a complex nature and can only be described in a simplified form. However, it seems possible to differentiate regions according to the relative importance of the three relevant pathways of pesticide migration into the aquatic environment. Model runs show that both a.i. as well as regions, crops or application periods need a differentiated assessment with regard to risk of surface water pollution. The importance of non-point source pathways varies with both the specific conditions under which pesticides are applied and the relative importance of transport along a specific pathway.

---

## References

- Bach, M., Huber, A., Frede, H.G., Mohaupt, V., Zullei-Selbert, N. (2000) Schätzung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln in die Oberflächengewässer Deutschlands. Umweltbundesamt, UBA-Berichte 3/2000, E. Schmidt Verlag, Berlin
- Huber, A. (1998) Belastung der Oberflächengewässer mit Pflanzenschutzmitteln in Deutschland. Modellierung der diffusen Einträge. Boden und Landschaft Bd. 25, Universität Gießen, Gießen

## **Analyse nationaler und internationaler Aktivitäten zur Entwicklung von Indikatoren mit Bezug auf eine nachhaltige Wasserwirtschaft**

Ilke Borowski

Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens „Nachhaltige Wasserwirtschaft – Entwicklung eines Bewertungs- und Prüfsystems“ in Berlin wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein Überblick über die derzeitige Diskussion in Bezug auf Indikatorensysteme für eine nachhaltige Wasserwirtschaft gegeben.

Anhand ausgewählter Arbeiten wurde die Vorgehensweise bei der Entwicklung von Indikatoren untersucht, um Folgerungen für ein Indikatorensystem für eine nachhaltige Wasserwirtschaft zu ziehen.

Bei der Analyse wurde festgestellt, dass sich, sofern ein Bezug zu der internationalen Diskussion um das Leitbild „Nachhaltige Entwicklung“ bestand, in den untersuchten Arbeiten der PSR-Ansatz der OECD oder Abwandlungen verwendet wurden. Ferner hat sich mit der Begründung der Praxisnähe und schnellen Umsetzungsmöglichkeiten die Entwicklungsrichtung *bottum-up* durchgesetzt. Wesentliches Ergebnis der Arbeit ist, dass bei der Entwicklung von Indikatorensystemen die Indikatoren selbst nur einen Teil des Systems ausmachen, der im Bereich der Wasserwirtschaft aufgrund der langjährigen Diskussion relativ einfach zu konkretisieren ist. Problematischer ist hingegen die Verbindung zu übergeordneten Zielen. Durch die schlechte Anbindung der Indikatoren an eine Zielebene, die es ermöglicht, die Ausprägungen der Indikatoren zu interpretieren, verringert sich die Aussagekraft der Indikatoren erheblich.

Mit Bezug auf die Wasserwirtschaft wurde festgestellt, dass sie nur in Ausnahmefällen auch im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf andere Ressourcen als das Wasser betrachtet wird. In der Regel wird vorwiegend die Qualität des Wassers als Quelle für die Trinkwasserversorgung diskutiert. Dabei werden zwar sowohl Punkt- als auch diffuse Quellen berücksichtigt, jedoch findet selten eine Betrachtung der Gewässermorphologie oder der Gestaltung des angrenzenden Naturraums statt. Diese Einschränkungen sind im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft nicht nachzuvollziehen.

Als Synthese der vorgestellten Arbeiten wurden anschließend Schlussfolgerungen für ein Indikatorensystem mit Bezug zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft gezogen. Vor dem Hintergrund der Komplexität des Themas „Wasserwirtschaft“ wurden vor allem notwendige Einschränkungen bzw. Fragestellungen formuliert, die im Vorfeld der Entwicklung der eigentlichen Indikatoren bedeutsam sind. Als wesentliche Schritte wurden die Formulierung der Prämissen, die Klärung der Intention des Systems, die inhaltliche Abgrenzung der Wasserwirtschaft, die Bestimmung der Ziele/der Bezugsebene der Indikatoren und schließlich die Auswahl der Indikatoren selbst genannt.

Abschließend wurde festgestellt, dass für die Entwicklung von Indikatorensystemen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft auf regionaler Ebene in Deutschland ein nationales Indi-

---

katorensystem anzustreben ist. Dabei ist vor allem sein Bezug zu bestehenden oder noch zu formulierenden Zielen (auch Qualitätsstandards) wichtig, die die Orientierung für regionale Ziele bilden sollten. Mit solch einem Indikatorensystem könnte außerdem der Datenaustausch bzw. die Nutzung bestehender Datenbanken unterstützt werden.

## Kontingente Bewertung zur Bestimmung volkswirtschaftlicher Effizienz im Artenschutz

Ingo Bräuer und Rainer Marggraf

Projekte im Naturschutz müssen auf zweierlei Art legitimiert sein: zum Einen auf einer naturschutzfachlichen Ebene, zum Anderen aber auch auf einer volkswirtschaftlichen Ebene. Letztere impliziert, dass der Staat öffentliche Gelder entsprechend der Präferenzen seiner Bürger und damit effizient ausgibt. Das etablierteste Verfahren zur Überprüfung dieser Effizienz stellt die Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) dar (Ahlheim 1995).

Doch werden bei solchen Überlegungen im Bereich des Naturschutzes häufig nur die Kosten, nicht aber die Nutzen des Naturschutzes wahrgenommen, was Artenschutz als kostspieliges Unterfangen erscheinen lässt. Gerade bei Projekten wie dem hessischen Programm zur Wiedereinbürgerung des Bibers, die im Spannungsfeld zwischen Landnutzern und Naturschützern stehen, finden sich verstärkt finanzielle Argumente in der öffentlichen Diskussion (z.B. Bild am Sonntag 13.02.2000: „Biber lachen Bayern aus: Schon 60 Millionen Mark Schaden an der Isar-Mündung“).

Soll diese einseitige Betrachtung vermieden werden, ist eine Bestimmung aller mit dem Artenschutz verbundenen Nutzen und Kosten notwendig (Bräuer 1998). Grob lassen sich die durch das Biber-Wiedereinbürgerungsprogramm generierten Werte entsprechend der ökonomischen Theorie in Produktions- und Konsumwerte unterteilen (vgl. Marggraf und Streb 1997).

Ein Schwerpunkt der NKA liegt dabei in der Bestimmung der durch das Biber-Projekt erzeugten Konsumwerte (z.B. Biberbeobachtung), insbesondere der nutzungsunabhängigen Wertkomponente (Wissen um die Existenz des Bibers im Spessart). Ein gängiges umweltökonomisches Verfahren zur Bestimmung dieser Wertkomponenten ist die Kontingente Bewertung (CVM). Bei dieser Methode werden die Individuen nach ihrer maximalen Zahlungsbereitschaft für den Erhalt eines Gutes gefragt.

Bei der Durchführung der Kontingenten Bewertung stand das Fragebogendesign im Mittelpunkt. Mit Hilfe des Fragebogens wird nicht nur der hypothetische Markt generiert, sondern auch, durch die Auswahl von Zusatzfragen, die interne Validität der Befragung überprüft. Die meisten Untersuchungen konzentrieren sich bisher auf ökonomische Erklärungsansätze. Da diese aber häufig nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führten, werden in der vorliegenden Arbeit Verhaltens- und Einstellungsfragen, wie sie in der empirischen Sozialforschung Verwendung finden (vgl. Wimmer 1993), integriert. Der Fragebogen enthält daher neben der Frage nach der Zahlungsbereitschaft zusätzlich noch Fragen zu folgenden Themenkomplexen: (1) zum Urlaubsverhalten der Besucher, (2) deren Einstellung zum Umweltschutz in Deutschland (Umweltbewusstsein), (3) ihrem realen Umweltverhalten sowie (4) ihrem soziodemographischen Hintergrund.

Im September 1999 sind 337 Besucher des Spessart in persönlichen Interviews von 20 Minuten Dauer nach ihrer Zahlungsbereitschaft (ZB) für die Fortführung des hessischen Biber-Wiedereinbürgerungsprogrammes befragt worden. Nach einer kurzen Vorstellung des Projektes mit seinen positiven wie negativen Folgen in der Kulturlandschaft in Form einer Info-Mappe erfolgte die Frage nach der Zahlungsbereitschaft. Auf einer Zahlkarte sollte der Betrag angekreuzt werden, den die Besucher maximal in Form einer täglich zu entrichtenden Naturtaxe pro Urlaubstag bereit wären zu zahlen. Insgesamt waren 66% der Befragten generell zahlungsbereit. Von den Nichtzahlungsbereiten konnten 17% als echte Zahlungsverweigerer mit einer ZB von Null identifiziert werden. Bei dem Rest handelt es sich entweder um Protestler, die nicht mit dem Zahlungsinstrument einverstanden waren oder Antwortverweigerer, die keine Gründe nannten. Je nachdem, inwieweit Protestantworten mit in die Berechnungen eingehen, ergeben sich Zahlungsbereitschaften von 1,46 DM bis 2,00 DM pro Person und Besuchstag. Damit errechnet sich mit Hilfe der CVM ein jährlicher Konsumwert des Biberprojektes von 1,1 – 2,9 Mill. DM.

Die statistische Auswertung zur Überprüfung der inneren Validität der Befragung zeigt, dass die generelle Zahlungsbereitschaft nicht nur von sozioökonomischen Variablen wie Alter und Einkommen abhängt, sondern auch, wie postuliert, sehr stark vom Umweltbewusstsein und dem realen Umweltverhalten der Befragten. Die geäußerte Höhe der Zahlungsbereitschaft dagegen war nur von sozioökonomischen Variablen wie Alter und Einkommen abhängig.

Damit zeigt sich, dass Modelle der empirischen Sozialforschung helfen, das Antwortverhalten der Befragten vorherzusagen und in Zukunft bei Kontingenten Bewertungen verstärkt auf Ergebnisse der empirischen Sozialforschung zurückgegriffen werden sollte.

## Literatur

- Ahlheim, M. (1995) Nutzen-Kosten-Analyse und kontingente Evaluierung bei der Bewertung von Umweltprojekten. *Staatswissenschaften und Staatspraxis*, 317-358
- Bräuer, I. (1998) Ecological and Economic Evaluation of Wildlife Conservation Programms. In: Loisele, S., Rossi, C. (eds.) *Environmental Change: valuation methods and sustainable indicators*; European Commission, Luxembourg, 124-129
- Marggraf, R., Streb, S. (1997) *Ökonomische Bewertung der natürlichen Umwelt: Theorie, politische Bedeutung, ethische Diskussion*. Spektrum, Heidelberg, Berlin
- Wimmer, F. (1993) Empirische Einsichten in das Umweltbewußtsein und Umweltverhalten der Konsumenten. In: Wagner, G.R. (Hrsg.) *Betriebswirtschaft und Umweltschutz*, Schäffer Pöschel, Stuttgart, 44-78

## Bewertungsansätze zur Lösung von Nutzungskonflikten

Alexandra Dehnhard

Anthropogene Eingriffe in Flussläufe und die wachsenden Ansprüche an die Nutzung des Einzugsgebietes haben erhebliche Auswirkungen auf Flussökosysteme. Infolge der Multifunktionalität von Flusssystemen kommt es zu einer Vielzahl divergierender Nutzungsinteressen, zu deren Lösung es geeignete Bewertungsansätze und Entscheidungsverfahren zu entwickeln gilt. Die Elbe gilt als einer der wenigen in ihrer Struktur noch weitgehend naturnah erhaltenen Flüsse Europas und hat damit eine überragende Bedeutung für den Naturschutz.

Im Forschungsverbund „Elbe-Ökologie“ fördert das BMBF Projekte mit dem Ziel, Nutzungs- und Entwicklungskonzepte für die Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Stromlandschaft Elbe zu erarbeiten. In diesem Kontext liegt die Bedeutung der ökonomischen Bewertung darin, Entscheidungsgrundlagen für Konzepte einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft bereitzustellen und damit einen Beitrag zur umweltpolitischen Zielfindung zu leisten.

### 1 Bewertungsansätze

Entscheidungen über Handlungsoptionen im Rahmen der Flussgebietsplanung basieren auf der Bewertung potenzieller Veränderungen des Umweltzustandes, für die eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden existieren. Die Bewertungsverfahren und Entscheidungsprozesse können dabei grundsätzlich verschiedenen Ansätzen folgen. Mit ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analysen oder Kosten-Wirksamkeitsanalysen sollen Informationsgrundlagen für Entscheidungen bereitgestellt werden. Bei ersteren basiert die ökonomische Bewertung auf der Ermittlung des monetären Wertes von Veränderungen des Umweltzustandes, um die effizienteste Projektalternative zu bestimmen und durch den Ausdruck eben dieser Wertschätzung auch zur gesellschaftlich optimalen Lösung (im Sinne der Nachhaltigkeit) zu gelangen. Hingegen kostenorientierte Betrachtungen verzichten auf eine Bewertung des Nutzens in monetären Einheiten, sondern ermitteln vielmehr die (geringsten) Kosten zur Erreichung eines bestimmten Zielzustandes. Durch die vergleichende Bewertung verschiedener Alternativen – sowie im Falle von Nutzen-Kosten-Analysen die eindimensionale Darstellung in monetären Größen und Identifikation der besten Lösung – richten sich derartige Bewertungsansätze in erster Linie an zentrale Entscheidungsinstanzen („top down“).

Ein stärker prozessorientierter Ansatz folgt der Idee, Werte als Ergebnis interaktiver Prozesse, die der Dynamik und Komplexität sozialer Systeme folgen, zu verstehen („bottom up“). Die Wertebildung basiert dabei auf gegenseitigen Lernprozessen und begreift subjektive Problemwahrnehmungen und kulturelle Werte als wichtige Entscheidungsdeterminanten. Wesentlicher Ausgangspunkt, um letztendlich zu Entscheidungen über verschiedene Handlungsoptionen zu gelangen, ist die Identifikation des Prozesses und der Einflussfaktoren der Wertebildung in sozialen Systemen.

Die unterschiedlichen Ansätze müssen nicht zwangsläufig konfliktär sein, vielmehr können diese im Rahmen der Entscheidungsfindung miteinander verbunden werden.

Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) ist im Rahmen des Forschungsverbundes „Elbe-Ökologie“ an zwei Projekten, die unterschiedliche Herangehensweisen verfolgen, beteiligt: Dem Verbundprojekt „Rückgewinnung von Retentionsflächen und Altauenreaktivierung an der Mittleren Elbe in Sachsen-Anhalt“ und dem Kooperationsprojekt mit der TU Berlin „Monetäre Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe“.

## **2 Verbundprojekt „Rückgewinnung von Retentionsflächen und Altauenreaktivierung“**

Das Projekt zur Deichrückverlegung und Altauenreaktivierung folgt dem Ansatz einer kostenorientierten Projektbewertung und prozessorientierten Entscheidungsfindung. Durch Deichrückverlegungen könnten entlang der Elbe insgesamt rund 15.000 ha Retentionsflächen – aus Gründen des ökologischen Hochwasserschutzes – zurückgewonnen und gleichzeitig ökologisch wertvolle Auenwälder reaktiviert werden. Diese Zielstellung führt allerdings zur Veränderung bzw. Verdrängung bisheriger Landnutzungsformen und damit zu einer Verstärkung von Nutzungskonflikten, die es im Rahmen des Projektes zu identifizieren und bewerten gilt. Grundsätzlich können mehrere Faktoren Nutzungskonflikte und deren Ausmaß determinieren. Konkurrenzen bei Veränderung der Flächennutzung durch naturschutzorientierte Maßnahmen entstehen aufgrund der Knappheit des Faktors Fläche, die bei flächenintensiven Nutzungen zum ökonomischen Engpass werden kann. Dies trifft typischerweise für die Landwirtschaft zu, die aufgrund des Flächenanspruches und den Anforderungen an die Art der Nutzung infolge Deichrückverlegungen entlang der Elbe mit Einkommenseinbußen durch Flächenverluste und Extensivierung oder aber Verkehrswertminderungen durch Nutzungsumwandlung konfrontiert ist. Eine weitere Facette des Konfliktpotenziales liegt in häufigerweise unterschiedlichen Wertorientierungen – Problemwahrnehmung und Zielsetzungen – der beteiligten Akteure, unzureichender Information der Projekteinhalte und Transparenz des Planungsprozesses und kann damit die Umsetzungsbedingungen entscheidend beeinflussen. Diese Punkte werden daher von eher prozeduralen Ansätzen der Entscheidungsfindung aufgegriffen, die Wertebildungen und Entscheidungen im Rahmen sozialer Prozesse miteinbeziehen.

## **3 Kooperationsprojekt „Monetäre Bewertung einer nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft Elbe“**

Eine monetäre Bewertung auch der Änderungen der Funktionen und Leistungen des Ökosystems wird im Rahmen des Projektes zur nachhaltigen Entwicklung der Stromlandschaft aufgegriffen. Im Ansatz soll der ‚total economic value‘ durch Erfassung und Bewertung unterschiedlicher ‚use‘ und ‚non use values‘ ermittelt werden, um damit dem Entscheidungsträger Informationen über die gesamtwirtschaftlich wünschenswerte Handlungsalternative zur Verfügung zu stellen. Forschungsschwerpunkt von Seiten des IÖW ist eine ökonomische Bewertung sogenannter indirekter Werte von Flussökosystemen, die nur schwer mit dem Konzept individueller Präferenzen (wie z.B. bei der Bewertung von ‚non-use values‘ mit der Contingent Valuation) zu messen sind. Diesem Ansatz liegt der Gedanke zugrunde, dass Ökosyste-

me bestimmte ökologische Leistungen erbringen, die einen positiven Beitrag zur gesellschaftlichen Wohlfahrt leisten und die bei deren Wegfall von entsprechender Umwelttechnik übernommen werden müssten. Überschwemmungsaue übernehmen beispielsweise Funktionen der Nährstoffsenke, Schadstofffilterung sowie des natürlichen Hochwasserschutzes. Die Bewertung derartiger Leistungen erfolgt über sogenannte ‚objektive‘ Bewertungsansätze, die vor allem physische Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung zugrunde legen.

## **Optimierung der Grundwassernutzungen im Leibnitzer Feld – Ressourcenansprüche und Interessenskonflikte**

Ilse Entner, Johann Fank, Albrecht Leis und Mathilde Probst

### **1 Kurzfassung**

Im Leibnitzer Feld, einem quartären fluvioglazialen Schotterfeld im Süden von Graz (Steiermark, Österreich) mit einer Gesamtfläche von etwa 100 km<sup>2</sup> wurden in den letzten Jahren intensive Untersuchungen durchgeführt, um den Schutz des Grundwassers als Trinkwasserreservoir optimal gestalten zu können. Durch unterschiedlichste Betreiber wurden Messnetze eingerichtet und das Grundwasser in dauernder Beobachtung gehalten. Daraus resultiert bezogen auf das Grundwasser ein umfangreicher Datenbestand, sowohl was die zur Verfügung stehenden Mengen, als auch deren Qualität betrifft. Ausschlaggebend für die Untersuchungen war u.a. die erkannte Nitratproblematik in diesem Gebiet.

Die wichtigsten Nutzer des Grundwassers und der grundwasserrelevanten Ressourcen im Leibnitzer Feld sind die Wasserwirtschaft (das Grundwasser wird intensiv zur Trink- und Nutzwasserversorgung großer Teile der Bevölkerung der Steiermark genutzt), die Landwirtschaft (die ca. 32 % der Bodenfläche beansprucht), die Kiesgewinnung (die eine lange Tradition im Leibnitzer Feld hat) und untergeordnet die Freizeitwirtschaft, Industrie und Gewerbe.

Die Nutzung des Grundwassers selbst bzw. natürlicher Ressourcen, mit denen das Grundwasser in Wechselwirkung steht, führt zu einer Gefährdung des Grundwassers durch die unterschiedlichen Wirtschaftsformen; dadurch kommt es auch immer wieder zu Nutzungskonflikten. Im Rahmen des gegenständlichen Projektes „Raumordnung und Grundwasserschutz im Leibnitzer Feld“ war eines der dringlichsten Projektziele die Erarbeitung eines Nutzungskonzeptes zur Schottergewinnung, wobei der Wasserwirtschaft erste Priorität eingeräumt wird. Neben der Schottergewinnung ist aber auch die nachfolgende Nutzung des beanspruchten Raumes von entscheidender Bedeutung für die nachhaltige Sicherung der Ressource Grundwasser. In Abhängigkeit von Art und Lage der Kiesentnahmestellen bezüglich Trinkwassereinzugsgebieten war auf diese Fragestellung näher einzugehen. Die Frage des Gefährdungspotenzials der Betriebsanlagen der Schottergewinnung für die Grundwasserqualität ist naturgemäß ein zentrales Thema, da gerade bei Massenrohstoffen die Verarbeitung am Gewinnungsort erfolgen muss.

### **2 Messeinrichtungen**

Zur Überprüfung von Berechnungen und Annahmen wurden im Rahmen des gegenständlichen Projektes mehrere Messstellen eingerichtet. Im Bereich der Forschungsstation Wagner (Lysimeteranlage im Leibnitzer Feld) wird u.a. an zwei Messstellen die hydrochemische Zusammensetzung des Niederschlages ermittelt. Eine weitere Messeinrichtung dient zur Erfassung der Sicker- und Grundwasserqualität (tiefenabhängig) im Bereich einer mit lockerem Mischwald rekultivierten Trockenbaggerungsfläche. Eine weitere Messstation dient der Er-

fassung des Einflusses von Nassbaggerungen auf die Grundwasserspiegellage, die Neubildungsvorgänge und zur Beurteilung der Auswirkung von Grundwasserteichen auf die Temperaturverhältnisse.

### 3 Ergebnisse – Schottergewinnung und Folgenutzung

In wasserwirtschaftlich sensiblen Gebieten muss bei jeder Form menschlicher Aktivitäten auch die Möglichkeit von nicht vorhersehbaren Unfällen berücksichtigt werden. Da solche aber entscheidende Auswirkungen auf die Wasserversorgung haben können, muss bereits im Bewilligungsverfahren derartiger Materialentnahmen eine eventuell erforderliche Sanierung berücksichtigt werden (Maßnahmen und Kosten).

- Schutzgebiete müssen von jeder Form der Massenrohstoffgewinnung freigehalten werden.

Trockenbaggerungen können bei entsprechender Folgenutzung und bei Vermeidung von negativen Einflüssen auf die Grundwasserqualität während der Abbauphase entscheidend zur Verbesserung des Grundwasserhaushaltes und der Grundwasserqualität des Leibnitzer Feldes beitragen. In Abhängigkeit von der Entfernung der Wassergewinnungsanlagen sind mehrere Aspekte des Grundwasserschutzes zu beachten:

- In engeren Schongebieten ist die Errichtung von Trockenbaggerungen bei Einhaltung einer entsprechenden Folgenutzung denkbar.
- In weiteren Schongebieten können Trockenbaggerungen bei entsprechender Sorgfalt durchaus als Mittel zur Verbesserung der Grundwasserbilanz und auch der Grundwasserqualität betrachtet werden.

Nassbaggerungen stellen im Vergleich zu Trockenbaggerungen einen deutlich schärferen Eingriff in das Grundwassersystem eines Gebietes dar. Dies ist auch bei einer Beurteilung der Möglichkeit der Errichtung von Nassbaggerungen zu berücksichtigen:

- Schutz- und engere Schongebiete sind von einer Neuerrichtung freizuhalten.
- In weiteren Schongebieten ist die Errichtung von Nassbaggerungen unter Einhaltung umfassender Auflagen hinsichtlich der Abbauphase und auch der Beweissicherung denkbar.

Neben der Schottergewinnung ist aber auch die nachfolgende Nutzung des beanspruchten Raumes von entscheidender Bedeutung für die nachhaltige Sicherung der Ressource Grundwasser. Konzepte für eine Folgenutzung sind sinnvollerweise in einer gesamtheitlichen Form zu betrachten.

Trockenbaggerungsflächen sollen von landwirtschaftlicher Folgenutzung mit Ausnahme einer extensiven Grünlandbewirtschaftung freigehalten werden. Als Folgenutzung im engeren Schongebiet wird ein lockerer Mischwald (Sukzessionsfolge) mit schnell wachsenden Laubbäumen und ausreichend Platz für Gras- und Buschflächen vorgeschlagen. Beispiele für eine mögliche Folgenutzung in weiteren Schongebieten sind Industrie-, Gewerbe-, Tourismus- und Sporteinrichtungen, wobei im Zuge der notwendigen wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren strenge Auflagen über die Lagerung und Verwendung wassergefährdender Stoffe zu treffen sind.

---

Für ehemalige Nassbaggerungsflächen kommen als Folgenutzung drei große Gruppen in Abhängigkeit ihrer Lage zu Trinkwasserversorgungsanlagen in Betracht: die Erhaltung der Fläche als Landschaftsteich, die Nutzung der Wasserfläche in Form einer „sanften Badenutzung“ und eine intensivere Nutzung in Form von wasserbezogenen Freizeiteinrichtungen. Bei einer Nutzung als Bade- bzw. Freizeitsee ist dabei die entsprechende Infrastruktur (Sanitäreinrichtungen, Abwasserausleitung, Verkehrsleitung usw.) zu stellen.

# Rotationsbrache auf Auengrünland – Betrachtungen zur Nachhaltigkeit aus landwirtschaftlicher Sicht

Peter Gaußmann und Andreas Heinken

## 1 Einleitung und Problemstellung

Infolge des drastischen Rückgangs an Weidevieh nach 1989 drohten große Grünlandareale in Nordostdeutschland brach zu fallen. Es wurde deshalb nach Lösungen gesucht, um das vorhandene Grünland mit geringem Arbeitsaufwand ertragsfähig zu erhalten.

Im Jahr 1994 wurde deshalb im Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe – Brandenburg“ nahe der Ortschaft Lenzen der sogenannte „Dreifelder-Versuch auf Grünland“ eingerichtet. Er behandelt folgende Fragestellungen:

1. Wie entwickeln sich die Erträge (Futtermenge und -qualität) in Abhängigkeit von der Nutzung im Versuchszeitraum?
2. Welche Tierleistungen sind unter dem betrachteten Nutzungsregime realisierbar?
3. Ist die Rotationsbrache ein nachhaltiges Nutzungsverfahren?

## 2 Versuchsbeschreibung

Die Versuchsanlage kombiniert Weide, Mahd und Brache. Das Versuchsareal ist in 140 Parzellen unterteilt, die in zwölf Streifen angeordnet sind. Je drei benachbarte Streifen bilden eine Versuchseinheit, in der die Nutzung rotiert: Ein Streifen liegt in einem gegebenen Jahr brach, wird im folgenden Jahr beweidet und im dritten gemäht. Auf kleinen, benachbarten Teilflächen findet somit jährlich eine andere Bewirtschaftung statt: Nach Brache eine Beweidung mit Rindern und/oder Schafen (maximal 1,4 GVE/ha) und eine einschürige Mahd (vier verschiedene Termine: 15.06. – 01.07. – 15.07. – 01.08.). Auf den Weideparzellen des Versuchs werden Mutterkühe der Rasse *Salers* und Mutterschafe der Rasse *Schwarzköpfiges Fleischschaf* gehalten. In jeder Versuchseinheit befinden sich drei Referenzparzellen, deren Nutzung seit Versuchsbeginn gleich geblieben ist (Dauerweide, -mahd und -brache).

Die Untersuchungen umfassen Datenerhebungen hinsichtlich Ertrag (Frischmasse, Trockenmasse) und Futterqualität (Energie-, Protein- und Rohfasergehalt).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Mahderträge

Durchschnittlich werden bei der Mahd auf den Versuchsflächen unabhängig vom Schnittzeitpunkt 27 dt TS/ha geerntet. Für vergleichbare Pflanzenbestände (*Dauco-Arrhenateretum elatioris*) sind bei konventioneller, zweischüriger Nutzung 40 bis 60 dt TS/ha belegt. Der gemessene Mahdrest unter Versuchsbedingungen (10 cm Schnitthöhe) beträgt 6 bis 7 dt TS/ha. Mit späterem Schnittzeitpunkt nimmt der Trockensubstanzertrag aufgrund zunehmender Einlagerung von Gerüstsubstanzen im Pflanzenmaterial zu (1. Schnitt 25; 2. Schnitt 27;

3. Schnitt 27 und 4. Schnitt 32 dt TS/ha) und der Rohproteingehalt des Mähgutes ab (1. Schnitt 10; 2. Schnitt 9; 3. Schnitt 9 und 4. Schnitt 8 % der TS).

### 3.2 Weideerträge

Jede Weideparzelle wird pro Jahr i.d.R. dreimal genutzt und erfährt zwischen den Weidegängen eine Nutzungsruhe von durchschnittlich acht Wochen (Besatzstärke pro Versuchseinheit 0,4-0,6 GVE/ha, pro Weidestreifen 1,2-1,8 GVE/ha; Besatzdichte pro Parzelle 13-22 GVE/ha).

Pro Nutzung werden etwa 10 dt TS/ha abgeweidet, und es ist ein Weiderest von 8 bis 11 dt TS/ha nach jeder Beweidung auf den Flächen gemessen worden. Der ermittelte durchschnittliche Trockensubstanzertrag beträgt 28 dt/ha im Jahr, schwankt aber im Versuchszeitraum sehr stark.

Bei gleicher Besatzstärke entnehmen Schafe auf den Versuchsfeldern höhere Gesamtfuttermengen pro Jahr (Schafbeweidung 34, Rinderbeweidung 27, Mischbeweidung 22 dt TS/ha).

Der durchschnittliche Rohproteingehalt der Aufwüchse auf den Weideparzellen, die im Vorjahr brach lagen, beträgt bei der ersten Nutzung 10,9, bei der zweiten Nutzung 11,5 und bei der dritten Nutzung 12,3 % der Trockensubstanz.

### 3.3 Tierleistungen

Die Weidetiere werden ohne Zufütterung auf den Versuchspartellen gehalten. Zur Ermittlung der Tierleistungen werden die Versuchstiere vor dem Weideauftrieb und nach dem Weideabtrieb gewogen. Die Weidetageszunahme von Lämmern und Kälbern wurde an der Gesamtzunahme vom Auftrieb bis zum Abtrieb und der Anzahl der Weidetage berechnet.

Sie beträgt für die Lämmer 170 g/Tag. Gemessen am genetischen Potenzial der eingesetzten Rasse, welche maximale Tageszunahmen von 350 bis 400 g/Tag erreichen kann, sind die Tageszunahmen auf den Versuchsfeldern als gering einzuschätzen. Die Ursache dafür liegt in erster Linie in der Futterqualität, denn die physiologisch bedingte Futteraufnahmefähigkeit der Tiere setzt Mindestqualitäten des Weidefutters für entsprechend höhere Zunahmen voraus, die auf den Versuchsfeldern nutzungsbedingt nicht erreicht werden.

Die Weidetageszunahmen der *Salers*kälber von 800-1.000 g/Tag widerspiegeln das Potenzial dieser Extensivrasse. Im Vergleich zu anderen Rassen, die in der Mutterkuhhaltung eingesetzt werden – z.B. Fleckvieh – ist die Verwertung von Grünlandaufwüchsen mittlerer bis schlechter Qualität besser.

## 4 Fazit

Das vorgestellte Nutzungsverfahren ist dazu geeignet, bei deutlich verringerter Nährstoffzufuhr (keine Düngung, keine Zufütterung) das Ertragspotenzial von Auengrünland über einen längeren Zeitraum zu erhalten. Eine Aushagerung kann nach bisherigen Auswertungen und dem Vergleich der Erträge von 1995 bis 1999 nicht belegt werden.

Nutzungsbedingt geringe Futterqualitäten führen dazu, dass die Lämmer der Intensivrasse *Schwarzköpfiges Fleischschaf* nur geringe Tageszunahmen realisieren können, während die Zunahmen der Kälber der Extensivrasse *Salers* näher am genetischen Potenzial liegen.

Da der Arbeitsaufwand unter Versuchsbedingungen relativ hoch ist (häufiger Umtrieb, kurze Nutzungszeit der Weideparzellen, geringe Flächenleistungen der vorgeschriebenen Mahdverfahren), müsste vor der Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis eine Veränderung der Maßstabebene erfolgen.

## Bewertung von wasserwirtschaftlichen Szenarien mit „Nachhaltigkeitsindikatoren“

Andreas Grangler, Reiner Enders und Martin Jekel

Die Entwicklung und Auswahl von zukunftsfähigen technischen Lösungen für die Wasserwirtschaft erfordert systematische und transparente Bewertungsmethoden. Ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördertes interdisziplinäres Forschungsvorhaben hat die Konzeption einer derartigen Methode für die urbane Wasserwirtschaft in Hinblick auf Nachhaltigkeit zum Ziel. Als Untersuchungsobjekt dient der Großraum Berlin. In diesem Rahmen beschäftigt sich das Teilprojekt „Technische Systeme der Wassernutzung“ mit den Umweltauswirkungen, die von wasserwirtschaftlichen Einrichtungen ausgehen. Für die Wasser- und Abwasserentsorgung werden die Herangehensweise und erste Ergebnisse vorgestellt.

Als Grundlage des Bewertungssystems werden sogenannte „Nachhaltigkeitsindikatoren“ eingesetzt. Dabei handelt es sich um konkrete und mit Daten belegbare Kennzahlen, mit denen einerseits die reale Situation (Ist-Zustand) und ihre zeitliche Entwicklung beobachtet werden kann; die Indikatoren werden andererseits vor allem für den Vergleich von technischen Alternativen eingesetzt. Die Festlegung und Definition der Indikatoren orientiert sich dabei an Stellungnahmen zum Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung (z.B. WBGU 1997, S. 279 ff.). Unter anderem spielen Problemfelder wie z.B. der Ressourcenverbrauch oder die Klimaveränderungen eine wichtige Rolle. Für die technischen Systeme (Wasserver- und Abwasserentsorgung) werden die in Tab. 1 aufgeführten Indikatoren vorgeschlagen. Der zugrundeliegende Ansatz beruht im Wesentlichen auf der Betrachtung von Energie- und Stoffströmen. Dies erlaubt die systematische Analyse des Stoffstromes Wasser selbst, aber auch die Einbeziehung der mit dem Wasser transportierten Stoffe sowie aller Energie- und Stoffströme, die mit der Herstellung, dem Betrieb und der Entsorgung von wasserwirtschaftlicher Infrastruktur zusammenhängen. Der Indikatorensatz versteht sich dabei als Vorschlag, der noch weiterer intensiver Diskussionen bedarf. Die Anwendbarkeit dieses Ansatzes wird in einem weiteren Schritt für die vergleichende Bewertung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen geprüft.

Tab. 1: Indikatorensatz für den Teilbereich „Technische Systeme der Wassernutzung“

Wasserverbrauch	Stoffeinträge in die Gewässer
Stoffeinträge in den Boden	Stoffeinträge in die Luft
Abfälle	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
Ressourcenverbrauch	Stoffrückführung i.d. Natur- oder Wirtschaftskreislauf

Am Beispiel der Wasserver- und Abwasserentsorgung wurden Szenarien für den Großraum Berlin entwickelt. Die Szenarien reichen dabei vom zeitlich extrapolierten Ist-Zustand über den weiteren Ausbau von Kläranlagen oder die Etablierung von Membranfiltrationsanlagen als weitergehende Abwasserreinigung (Dittrich et al. 1997) bis hin zu Alternativkonzepten (Otterpohl und Oldenburg 1998). Aufgegriffen wurde dabei das Ziel der Verringerung von Nährstoffeinträgen in die Berliner Oberflächengewässer, da deren anthropogen bedingter Eutrophierungsgrad als nicht nachhaltig anzusehen ist (Jahn und Klein 1999). In Abb. 1 ist exemplarisch der Indikator Stoffeinträge in die Gewässer (hier beschränkt auf Kläranlagen) für die einzelnen Szenarien dargestellt. In ähnlicher Weise werden für alle Indikatoren Daten prognostiziert und aggregiert. Durch die aufgeschlüsselte Darstellung in einzelne Beiträge bleibt der hinter den aggregierten Kennzahlen stehende Informationsgehalt erhalten.

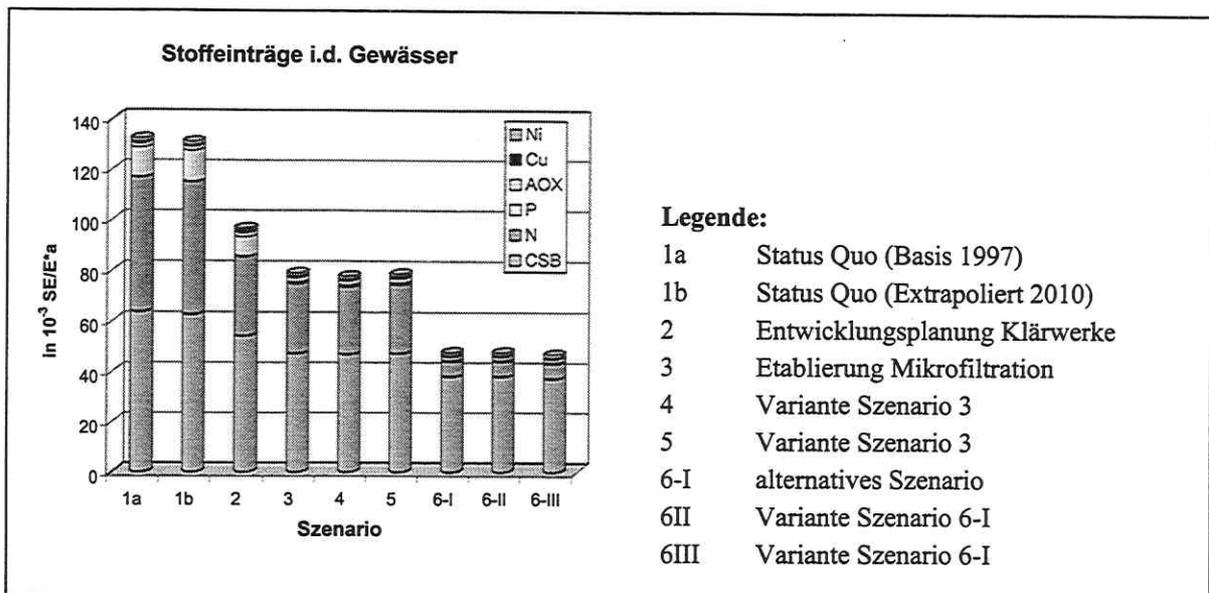


Abb. 2: Beispiel für Szenariovergleiche mit einem Indikator

Die sich ergebende Vielzahl an heterogenen Ergebnissen (erweitert um ökonomische Indikatoren) ist bei komplexen Untersuchungsobjekten trotz Datenaggregation nur schwer zu überblicken. Soll durch Entscheidungsträger die beste technische Lösung identifiziert werden, ist zudem ein gewichtender Bewertungsschritt erforderlich. Für diesen Zweck werden unterschiedliche Bewertungsansätze und -verfahren erprobt.

## Literatur

- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1997) Welt im Wandel: Wege zu einem nachhaltigen Umgang mit Süßwasser. Springer
- Dittrich, J., Gnirß, R., Peter-Fröhlich, A. (1997) Mikrofiltration von gereinigtem kommunalen Abwasser zur Keim- und Phosphorentfernung. Korrespondenz Abwasser Vol. 44, Nr. 11, 2005-2017
- Otterpohl, R., Oldenburg, M. (1998) Schließung von Wasser- und Stoffkreisläufen in urbanen Siedlungen. In: Weigert, B., Drewes, J.E., Lühr, H.-P., Steinberg, C., Franke, P. (Hrsg.) Wasserwirtschaft in urbanen Räumen – Anforderungen und Lösungsansätze zur Nachhaltigkeit, Schriftenreihe Wasserforschung 3, Interdisziplinärer Forschungsverbund Wasserforschung e.V., Berlin
- Jahn, D., Klein, M. (1999) Aktionsprogramm Spree/Havel 2000. wwt awt, Nr. 8, 10-16

## **Erfassung und Systematisierung von Indikatoren zu Flächeninanspruchnahme, Stoffeintrag und natürlicher Funktionsfähigkeit in Auenrandbereichen**

Dagmar Haase und Doreen Thormann

Die Leipziger Flussauen unterliegen seit vielen Jahrhunderten anthropogenen Einflüssen und Veränderungen, die in jüngerer Zeit an Dynamik und Intensität zunehmen (Denzer und Haase 2000). Von einem zu großen Teilen waldbedeckten, sehr feuchten Gebiet entwickelten sich die Auenlandschaften an der Weißen Elster und Pleiße (vgl. Abb. 1) bereits im ausgehenden Mittelalter zu einem „agrarisches-tädtisch“ genutzten Gebiet, in welchem v.a. die Randbereiche der Flussauen intensiv genutzt und damit verändert wurden durch Rodungen, Melioration, Stoffeinträge u.a. (Haase 1998, 1999, Haase und Neumeister 1998).

Im 19. und 20. Jahrhundert erfolgten bedeutende Eingriffe in der Auenlandschaft durch die Schaffung der Hochflutbetten für Weiße Elster und Luppe sowie die Grundwasserabsenkung und Flusslaufverlegung infolge des Braunkohlentagebaus im Südraum Leipzig.

Die dadurch sinkenden Grundwasserspiegel kamen der agrarischen Nutzung in den Auen sowie der Ausrottung der endemischen Malaria um 1895 zugute. Auch Parkanlagen, Gärten und Friedhöfe wurden nun zunehmend in den Auen und deren Randbereichen angelegt bzw. vergrößert (z.B. Rosenthal, Gutsark Knauthain; Denzer und Haase 2000).

In den letzten Jahrzehnten bis heute präg(t)en durch Industrie, Bergbau, Verkehr und Kohleheizung induzierte Schadstoffeinträge (Sulfat, Staub, Schwermetalle u.a.) und eine zunehmende Versiegelung und Brachflächenentstehung (u.a. Matejka und Banzhaf 2000) die Wechselbeziehungen zwischen Leipzig und seinen Auen.

Bis heute stellen neben den Hartholzwäldern und den aueninternen Gewässern die Übergangsbereiche der Auen(wälder) in die urbane, versiegelte Fläche Leipzigs sensible Bereiche für die natürliche Funktionsfähigkeit der Auenökosysteme in direkter Nachbarschaft zu einer Großstadt dar. Sie sind die „Berührungsflächen“ von noch einerseits sehr naturnahen und andererseits nahezu vollständig vom Menschen umgestalteten Ökosystemen innerhalb eines urbanen Umfeldes. Ihr Zustand, das heißt die existierenden Stoffströme von der Aue in die Stadtfläche und umgekehrt, Art und Dynamik von Flächennutzungsumwidmungen und Bodenversiegelung sowie die Beeinflussung des natürlichen Auenwaldbestandes durch Fremdarten sollten Indikatoren sein, welche das Ausmaß und die Zukunft der Beeinflussung der natürlichen Funktionsfähigkeit der Auen(böden und Gewässer) und ihrer Randbereiche durch die Stadtfläche von Leipzig im großen Maßstab beschreiben können.

Unter Bezugnahme auf das neu erschienene CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren-Konzept der Bundesregierung (2000) zur Entwicklung und Anwendung von Messgrößen (Indikatoren) und Beurteilungskriterien für nachhaltige Entwicklung sowie bereits durchgeführte Arbeiten zur nachhaltigen Entwicklung auf Stadtstrukturebene von Wickop et al. (1998) galt es, einfach messbare, aussagekräftige und repräsentative Indikatoren für die Auenrandbereiche zu finden

(als gezielte Auswahl zur Komplexitätsreduktion) und diese zu wichten. Eine erste digitale Visualisierung des erhobenen Datenbestandes soll im Poster exemplarisch gezeigt werden.

Dem beschriebenen wissenschaftlichen Ansatz wurde ein Forschungsdesign zur Seite gestellt, welches sich aus einer landschafts- bzw. geoökologischen Kartierung, in-situ-Stoffstrom-Messungen sowie der Erfassung und Visualisierung der Daten im Geographischen Informationssystem zusammensetzt (Haase und Thormann 2000). Es stellt eine Verbindung zwischen den Disziplinen der Landschafts- und/oder Geoökologie und Stadtökologie her.

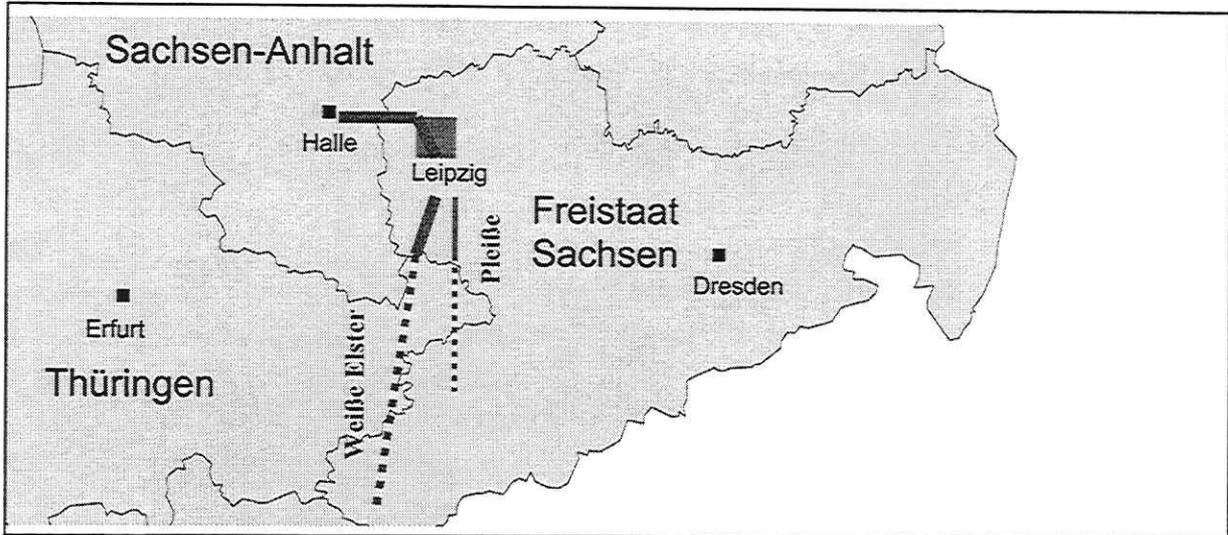


Abb. 1: Lage der Leipziger Flussauen

Als repräsentative, einfach zu bestimmende Indikatorengruppen für die Beeinflussung der natürlichen Funktionsfähigkeit der Auen in den Auenrandbereichen in der Großstadt Leipzig wurden der

- *Versiegelungsgrad, die Versiegelungsart und die zeitliche Dynamik von Ver- und Entsiegelungen* v.a. in Bezug auf Staubeintrag und Oberflächenabfluss (erfassbar mittels Satellitenbild für die Gesamtstadt),
- die Relation zwischen *ökonomischer Inwertsetzung bestimmter Stadtflächen und der Versiegelungsart und -dynamik*,
- die *spezifische Flächennutzung und Flächennutzungsmuster* der Auenrandbereiche (in Bezug auf Grundwasserneubildung und Evapotranspiration),
- *Stoffströme* in Form von Azidität und Salz- (oder Ionen)konzentration der Böden sowie die *Anzahl, Anordnung und Art von Bäumen* (bzw. Waldbedeckung) im Auenrandbereich herausgefiltert.

Die im Poster vorgestellten Indikatoren(gruppen) und die Bewertungskriterien für ihre Ausprägung sollen einerseits zur Konkretisierung der existierenden Leitbilder und Prioritätensetzung in der Planungspraxis dienen, andererseits können sie in Form eines Indikatorsystems (mehrere Indikatoren und deren Bewertungsstufen in Kombination) auch als Beitrag für Zielkonzepte von „nachhaltiger Entwicklung“ von Auenrandbereichen genutzt werden.

## Literatur

- CSD-Indikatoren-Konzept der Bundesregierung: Erprobung der CSD-Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland (2000) Bericht der Bundesregierung
- Denzer, V., Haase, D. (2000) Die Leipziger Flussauen zwischen Ursprünglichkeit und Überprägung. Tagungsband zur Jahrestagung der AK Angewandte Historische Geographie in Koblenz
- Haase, D. (1999) Beiträge zur Geoökosystemanalyse in Auenlandschaften – Säurestatus und Pufferfunktion der Waldböden in den Leipziger Flußauen. Dissertation, Fakultät für Physik und Geowissenschaften der Universität Leipzig. UFZ-Bericht Nr. 19/1999, Leipzig
- Haase, D., Neumeister, H. (1998) Die Auenökosysteme der Weißen Elster und Pleiße sowie ihre Böden – Puffer für Leipzigs Umweltbelastungen? In: Breuste, J. (Hrsg.) UFZ-Bericht 10/1999, 152-157
- Matejka, E., Banzhaf, E. (2000) Landnutzungsveränderungen in Leipzig 1989-1999, dargestellt und berechnet anhand von Satellitenbildern. Poster zum Tag der Erde in Leipzig 2000
- Haase, D., Thormann, D. (2000) Erarbeitung von Indikatoren zur Bewertung des Einflusses von urbanen Strukturen auf die Funktionsfähigkeit des Naturraumes der Elster-Pleiße-Auen in Leipzig. Praktikumsbericht am Umweltforschungszentrum Leipzig, Sektion Angewandte Landschaftsökologie
- Wickop, E., Böhm, P., Eitner, K., Breuste, J. (1998) Qualitätskonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel der Stadt Leipzig, UFZ-Bericht 14/1998

## Reduktion der Belastung von Grund- und Oberflächengewässern mit Nährstoffen – Erfolgskontrolle des schweizerischen Agrar-Umweltprogramms

Felix Herzog, Natalie Aschwanden, Volker Prasuhn, Ernst Spiess, Werner Stauffer und  
Caroline Wüthrich

In der Schweiz gibt es – ähnlich wie die agrarökologischen Maßnahmen in der Europäischen Union (basierend auf der Verordnung EWG 2078/92) – ebenfalls ein Agrar-Umweltprogramm. Die Teilnahme ist verbindlich, wollen die Landwirte produktionsunabhängige Direktzahlungen erhalten. Die vorgeschriebenen agrarökologischen Maßnahmen beinhalten unter anderem die Ausweisung von mindestens 7 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebes als ökologische Ausgleichsflächen (extensiv genutztes Grünland, Streuobst, Hecken, Feld- und Ufergehölze usw.), die Einhaltung einer geregelten Fruchtfolge, eines ausgeglichenen Stickstoff- und Phosphorhaushaltes (Düngung maximal 110 % des Pflanzenbedarfes) sowie Bodenschutzmaßnahmen. Für die Wasserqualität wurde das Ziel gesetzt, die Nitratbelastung im Grund- und Quellwasser im Vergleich zu der Referenzperiode 1990/92 bis 2005 um 5 mg Nitrat/Liter zu verringern und die durch die Landwirtschaft verursachte Phosphorbelastung der Oberflächengewässer zu halbieren (Forni et al. 1999).

Das Erreichen dieser Ziele wird mittels eines Evaluationsprojektes überprüft (Laufzeit: 1996-2005). Auf nationaler Ebene werden Nährstoffbilanzen errechnet; zusätzlich werden je zwei Fallstudien zu Stickstoff und Phosphor durchgeführt, in denen Kausalitäten zwischen den agrarökologischen Maßnahmen und der Nährstoffbelastung der Gewässer untersucht werden.

- *Nährstoffbilanzen.* Für Stickstoff (N) und Phosphor (P) werden jährlich Nährstoffbilanzen mittels einer Hoftor-Bilanz, bei welcher der Nährstoff-Input in die Landwirtschaft dem Output aus derselben gegenübergestellt wird, berechnet. Zwischen den Referenzjahren 1990-92 und dem Jahr 1998 hat der N-Überschuss gesamthaft von 124 auf 107 kg N/ha LN abgenommen. Bei Phosphor wurde eine Abnahme des Überschusses von 18 auf 7 kg P/ha LN verzeichnet. Die Überschüsse konnten vor allem infolge des geringeren Einsatzes von Mineraldüngern vermindert werden (Spiess 1999).
- *Phosphor – Erosion.* Im Untersuchungsgebiet Frienisberg (265 ha, Kt. Bern) werden die Risiken für Erosion und Phosphorverluste auf Parzellenebene mittels Modellen abgeschätzt; gleichzeitig werden Erosionsschadenskartierungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit der Referenzperiode 1987-90 verglichen. Die bisherigen Auswertungen zeigen, dass durch die Ökomaßnahmen Schwarz- und Stoppelbrache von 22 % auf 5 % bzw. 5 % auf 2,5 % der Ackerfläche zurückgegangen sind. Dies, zusammen mit einer Zunahme von Boden schonenden Bearbeitungsmethoden, führte gemäß Modellrechnungen zu einer Reduktion der Erosionsgefährdung von knapp 30 % (Prasuhn und Grünig 2000).
- *Phosphor – Abschwemmung.* Die Abschwemmung von gelöstem Phosphor von Grasland führt in verschiedenen Gegenden der Schweiz, die sich durch hohe Viehdichten auszeich-

nen, zur Eutrophierung der Oberflächengewässer. Im vom Futterbau geprägten Einzugsgebiet des Lippenrütibaches (334 ha, Kt. Luzern) werden die Risiken für Phosphorabschwemmung abgeschätzt. Dazu wird die ökologische Entwicklung in der Landwirtschaft anhand ausgewählter Indikatoren aufgezeigt und die Entwicklung der Gewässerbelastung mittels Messungen im Bach (seit 1986) verfolgt. Mit Hilfe eines konzeptionellen Modells wird die Gewässerbelastung mit der Landwirtschaft verknüpft. Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsjahr 1998 lassen eine gewisse Reduktion der Phosphorfracht aufgrund der Ökomaßnahmen vermuten (Braun et al. 2000).

- *Nitrat – mittlerer Maßstab.* Im Kanton Bern wird die Entwicklung des Nitratgehaltes von über 200 Grund- und Quellwasserfassungen verfolgt, deren hydrologisches Einzugsgebiet vollständig oder teilweise landwirtschaftlich genutzt wird. Die Nitratwerte der Fassungen werden mit statistischen Daten in größtmöglicher räumlicher und zeitlicher Auflösung (Landnutzungsstatistik, Landwirtschaftszählung) verknüpft, so dass ein Zusammenhang zwischen der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung (Beteiligung an den Öko-Programmen, Bodennutzung usw.) und den Nitratgehalten im Grund- und Quellwasser hergestellt werden kann.
- *Nitrat – Kleineinzugsgebiet.* In einem ackerbaulich genutzten kleinen Einzugsgebiet werden Bewirtschaftungsdaten und Standortdaten mittels eines Stickstoff-Simulationsmodells verknüpft. Mittels Szenarioberechnungen sollen die Effekte der einzelnen ökologischen Maßnahmen auf die Nitratauswaschung abgeschätzt werden. Dieses Teilprojekt ist noch in der Konzeptionsphase.

Das schweizerische Agrarumweltprogramm wird kontinuierlich weiterentwickelt. Das hier vorgestellte Projekt dient zur wissenschaftlichen Unterstützung und Beratung dieses politischen Prozesses im Bereich des Landschafts-Stoffhaushaltes. Es ist eingebettet in ein umfangreiches Evaluationsprogramm, das vom Bundesamt für Landwirtschaft koordiniert wird. Aus den Ergebnissen dieses Programmes sollen Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung der Ökomaßnahmen abgeleitet werden.

## Literatur

- Braun, M., Wüthrich-Steiner, C., Aschwanden, N., Denoth, F. (2000) Wirkungskontrolle der Öko-Maßnahmen im Bereich Phosphorbelastung der Oberflächengewässer insbesondere durch Abschwemmung. BFS-Bericht (in Vorbereitung)
- Forni, D., Gujer, H.U., Nyffenegger, L., Vogel, S., Gantner, U. (1999) Evaluation der Ökomaßnahmen und Tierhaltungsprogramme. Agrarforschung 6(3), 107-110
- Prasuhn, V., Grünig, K. (2000) Wirkung der Ökomaßnahmen in der Schweiz auf die Gewässerbelastung durch Bodenerosion. Mittlg. Dt. Bdkundl. Ges. (im Druck)
- Spiess, E. (1999) Nährstoffbilanz der schweizerischen Landwirtschaft für die Jahre 1975 bis 1995. Agrarforschung 6, 261-264

## **Scheinbare Retention von Stickstoff (N) und Phosphor (P) sowie „Elimination“ von Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )-Stickstoff in der Landschaft sind keine Bestandteile zur nachhaltigen Sanierung der N- und P-Haushalte von Landschaften oder gar der Oberflächengewässer und des Grundwassers**

Klaus Isermann und Renate Isermann

### **1 Ausgangssituation (1983/87 – 1993/97)**

Entsprechend den Ergebnissen der Tab. 1 (Situationen A+B) haben sich die Einträge in die deutschen Teile von Nordsee, Ostsee und Schwarzem Meer im Zeitraum 1983/87 bis 1993/97 an N nur um – 25 % auf  $23 \text{ kg N} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  vermindert, beim P jedoch um – 60 % auf  $1,040 \text{ kg P} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ . Hieran war der Abwasserbereich (Punktquellen) bei N mit – 46 und bei P mit – 80 % sehr wesentlich beteiligt, die Landwirtschaft bei N mit nur – 9 bzw. bei P mit + 4 % nur unwesentlich oder überhaupt nicht. Hinsichtlich der weiteren N- und P-Einträge dann in die entsprechenden Meere wurde in diesem kurzfristigen Zeitraum eine (scheinbare) N-Retention und -„Elimination“ (im Wesentlichen durch (De-)Nitrifikation und Nitratammonifikation) von ca. 50 % und beim P eine Retention von 54 % ermittelt.

### **2 Nachhaltige Situation (< 2015)**

Unterstellt man als langfristiges (spätestens 2015), weiterführendes Qualitäts- und Handlungsziel insbesondere zum Schutz der vielfach mit N und P überfrachteten Küsten- und Schelfbereiche der Meere kritische Konzentrationen in den Fließgewässern von  $>1.000 \mu\text{g TN l}^{-1}$  (LAWA I/1998) bzw.  $> 100 \mu\text{g PT} \cdot \text{l}^{-1}$  (LAWA I / II 1998) und keine Retention für N und P sowie Elimination von N in den Fließgewässern, so ergeben sich als nachhaltige Situation (Tab. 1, Situation C2) kritische Frachten = Einträge von  $> 3 \text{ kg N} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $> 0,3 \text{ kg P} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  mit einem N/P-Verhältnis von 10,0. Diese kritischen N- und P-Frachten betragen schon das 23 bzw. 17fache der Nährstoffaufnahme des Benthos der Fließgewässer Deutschlands von nur  $0,131 \text{ kg N} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $0,018 \text{ kg P} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ . Demgemäß sind dann die N- und P-Einträge gesamthaft bis spätestens 2015 gegenüber 1983/97 um – 90 bzw. – 88 % zu vermindern.

### **3 Nichtnachhaltige Soll-Situation (< 2015)**

Bezieht man hingegen wie in Tab. 1 (Situation C1) nicht nur die vorhandene scheinbare Retention von N und P sowie „Elimination“ von N in das Sanierungskonzept mit ein und steigert die N-Elimination gar noch durch anaerobe Führung der Polder (Brettar et al. 1999) – wie z.B. hier bei Behrendt et al. (1999) in Tab. 1 (C1) von ca. 50 auf 79 % – ergeben sich anscheinend gegenüber (C2) um das 4,7 bzw. 2,2fach höhere kritische Einträge von  $> 14,2 \text{ kg N} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $> 0,66 \text{ kg P} \cdot \text{ha GF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ . Somit wären dann, bezogen auf 1983/87 auch die

N- und P-Einträge der Landwirtschaft nur noch um – 41 bzw. – 21 % einzuschränken, jene des Abwasserbereiches nur noch um – 69 % bzw. allerdings unverändert um – 91 %.

Zusätzlich bestehen Bestrebungen bei der Retention von P (und N?), auch die gesamte Landschaft (zusätzlich Flusseinzugsgebiete) einzubeziehen (Hamm 1998).

Daraus ergeben sich aber die nachfolgend aufgeführten negativen Auswirkungen:

1. Die Inanspruchnahme von Retention (im Übermaß auch auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen) und Elimination ist zunächst *nur ein folgeorientiertes* („end of the pipe“) und allein schon deshalb kein anzustrebendes, ursachenorientiertes *Sanierungskonzept*;
2. *Ressourcenverschwendung bzw.-plünderung an fossilem DOC (Drainzone > Grundwasserleiter), an N und P* allein in den Fließgewässern mit  $406 \text{ kt N} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $13 \text{ kt P} \cdot \text{a}^{-1}$ , ausreichend um den Mineraldünger-N- bzw. P-Bedarf einer nachhaltigen Landwirtschaft von  $25 \text{ kg N} \cdot \text{ha LF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $3 \text{ kg P} \cdot \text{ha LF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  (Isermann und Isermann 1998/99) vollständig bzw. zu 25 % zu decken (wie dieser Mineraldüngerverbrauch übrigens 1953/54 schon gegeben war). Bei P kommt die Bedrohung hinzu, dass die mineralischen P-Reserven nur noch ca. 100 Jahre ausreichen;
3. Umweltgefährdung.

Des Weiteren:

A) durch Remobilisierung (Gleichgewichtsverschiebung) von N und P, bewirkt insbesondere durch rasch verminderte N- und P-Einträge aus:

- landwirtschaftlich genutzten Böden während der nächsten ca. 40 Jahre von 20 bis >  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha LF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$  bzw.  $5\text{-}30 \text{ kg P} \cdot \text{ha LF}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$
- den Fluss- und (Schelf-)Meeressedimenten kurzfristig (20-40 a) von 30-40 % und langfristig (1000 a) von ? %. Auf diese Weise werden die Meere den Flüssen geopfert.

B) Aufoxydation von Drainzone und Grundwasserleiter durch  $\text{NO}_3^-$ ;

C) Aufhärtung des Grundwassers => Trink- und Brauchwasserschutz.

Zusätzlich: durch Reaktionsprodukte von (De-)Nitrifikation, Nitratammonifikation und Sulfidoxydation („Nitratelimination“) eben nicht nur  $\text{N}_2$ , sondern zusätzlich an:

A) Klimarelevanten Gasen:  $\text{NO} < \text{N}_2\text{O}$  in landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzten Böden, in Fluss- und Meeressedimenten (bes. Schelfzone), verminderte  $\text{CH}_4$ -Oxydation in land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden => *Klimaschutz*;

B) Spezifisch:

- in Drainzone und Grundwasserleiter:  $\text{NH}_4^+$ , AS,  $\text{Fe}^{\text{III}}$ - und  $\text{Mn}^{\text{IV}}$ -Verbindungen,  $\text{SO}_4^{-2}$  => *Trinkwasserschutz*;
- in Fluss- und (Schelf-)Meeres-Sedimenten:  $\text{NH}_4^+$  => *Gewässerbelastung*;

An diesem Nitrat-Umbau („Elimination“) sind gegenwärtig (1995) in Deutschland ca. > 1.687 kt  $\text{NO}_3\text{-N/a}$  beteiligt, davon:

- 711 kt/a in landwirtschaftlich genutzten Böden,
- ? kt/a in forstwirtschaftlich genutzten Böden,
- 567 kt/a in Drainzone und Grundwasserleiter,
- 409 kt/a abzgl. N-Retention.

#### 4 Schlussfolgerungen

Die Inanspruchnahme von Retention an N und P sowie die „Elimination“ von  $\text{NO}_3^-$ -N in der Landschaft eignet sich nicht zur ursachenorientierten Sanierung der N- und P-Haushalte von Landschaften oder gar von Oberflächen- und Grundwässern. Diese führen hingegen zur Ressourcenverschwendung bzw. -plünderung an N, P und fossilem DOC sowie zur weiteren und zusätzlichen Umweltgefährdung. Zu den Altlasten kommen also Baldlasten hinzu. Ursachenorientiert ist deshalb nach wie vor die Minderung der Emissionen an (potenziell) reaktionsfähigem N und P an der Quelle zu fordern auf der Grundlage der entsprechenden natürlichen/vorindustriellen N- und P-Haushalte der Binnengewässer und Meere (Hamm 1995). Dies wird ermöglicht durch hinreichende Bestimmungen und Umsetzungen einer Stickstoff- und Phosphor-Direktive u.a. innerhalb einer (EU-) Wasserrahmenrichtlinie und integriert mit Rahmen-Richtlinien für Atmosphäre und Böden) (=> Integrierter Umweltschutz) als Bestandteil einer insgesamt nachhaltigen Landnutzung.

#### Literatur

- Behrendt, H., Huber, P., Opitz, D., Schmoll, O., Scholz, G., Uebe, R. (1999) Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands, Forschungsbericht: 296 25 515; UBA-FB 99-087, UBA-Texte 75/99, 238 S.
- Brettar, I. (1999) Nitrat-Elimination in Aueböden. Tagungsbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL), Eigenverlag der DGL, Tutzing
- Hamm, A. (1995) Grenzen der Nährstoffbelastung in Oberflächengewässern. Vortragsmanuskript Essener Tagung vom 29./31.3. 1995, 9 S.
- Hamm, A. (1998) Die Eutrophierungsverminderung – eine Erfolgsstory? Tagungsbericht 1998 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) und der deutschen und österreichischen Sektion der Societas Internationalis Limnologiae (SIL)/Klagenfurt, Eigenverlag der DGL, Tutzing 1999, 58-73
- Isermann, K., Isermann, R. (1998) Food production and consumption in Germany: N flows and N emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, 289-301
- Isermann, K., Isermann, R. (1999) (Un-)Möglichkeiten (zur weitgehenden) Schließung von Nährstoffkreisläufen bei nachhaltiger Landnutzung (auch) als Grundlage zur Anlage und Bewertung von Dauerversuchen. UFZ-Bericht 24/1999, 259-262
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1998) Güteklassifizierung Fließgewässer (I-IV). 3. Entwurf der LAWA vom 20.01.1998

**Tab.1: I) Stickstoff(N)- und II) Phosphor(P)-Einträge sowie III) N/P-Verhältnisse nach Quellen (Verursacherebenen) und ihre Anteile an den jeweiligen Gesamt-Einträgen in die deutschen Teile der Einzugsbiete von Nordsee, Ostsee und Schwarzem Meer in: (A) 1983/87, (B) 1993/97 sowie (C) angestrebt bis spätestens 2015 entsprechend den jeweiligen kritischen Eintragsraten und -konzentrationen der Fließgewässer (Behrendt et al. (1999), UBA Texte 75/99, Jeweilige Anteile der Landwirtschaft und nachhaltige Situation 2015)**

Quellen (Verursacherebene) (Abfluß: 298 mm a <sup>-1</sup> ≅ 107 · 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> a <sup>-1</sup> )	N - bzw. P-Einträge (kt · a <sup>-1</sup> ) und in     Anteile bzw. ( ) relative Veränderungen zu 1983 / 87	
	(A) 1983 / 1987	(B) 1993 / 1997
Nichtnachhaltige Situationen (Behrendt et al. 1999)		
I) <u>STICKSTOFF (N):</u>	(C1)	(C2) Nachhaltige Situation (Isermann 2000)
	Überhöhte, nicht tolerierbare N-Einträge, - Konzentrationen und -Frachten	≅ Kritischer N-Konzentration (LAWA I (1998): < 1,0 mg TN · l <sup>-1</sup> ) und -Fracht aber Eintrag 4,8fach höher als krit. Fracht
1. Diffuse Quellen <sup>1)</sup> ...davon Landwirtschaft (Isermann 2000)	10 fach 653 [60] (100) 550 [51] (100) ≅ 30 kg · ha LF <sup>-1</sup> 432 [40] (100)	7,7 fach 586 [72] (-10) 500 [61] (-9) ≅ 31 kg · ha LF <sup>-1</sup> 232 [28] (-46)
2. Punktquellen	1085 [100] (100) ≅ 30 kg · ha GF <sup>-1</sup>	107 [100] (-90) ≅ 3 kg · ha GF <sup>-1</sup>
3. Gesamte Einträge (1.+2.)		
<sup>1)</sup> Denitrifikation / Nitratammonifikation in Drainzone und Grundwasserleiter 59% des ausgewaschenen N	Scheinbare Retention und Denitrifikation ca. 50%	a) krit. Fracht: 107 (21) b) Denitr.+Retent.: 406 (79)
II) <u>PHOSPHOR (P):</u>	Überhöhte, nicht tolerierbare P-Einträge, -Konzentrationen und -Frachten	≅ Kritischer P-Konzentration (LAWA I / II (1998): 100µg TP · l <sup>-1</sup> ) und -Fracht
	8,7 fach	aber Eintrag 2,2fach höher als krit. Fracht
1. Diffuse Quellen ...davon Landwirtschaft (Isermann 2000)	29,6 [32] (100) 18,0 [19] (100) ≅ 0,99 kg · ha LF <sup>-1</sup> 63,9 [68] (100)	18,2 [77] (-39) 14,2 [60] (-21) ≅ 0,83 kg · ha LF <sup>-1</sup> 5,5 [23] (-91)
2. Punktquellen	93,5 [100] (100) ≅ 2,62 kg · ha GF <sup>-1</sup> k. A.	5,2 [49] (-82) 3,1 [29] (-83) ≅ 0,18 kg · ha LF <sup>-1</sup> 5,5 [51] (-91)
3. Gesamte Einträge (1. + 2.) (GF= Gesamte Fläche = 35,7 · 10 <sup>6</sup> ha)		10,7 [100] (-88) ≅ 0,30 kg · ha GF <sup>-1</sup>
re0379	Scheinbare Retention: 54%	a) kritischer Fracht b) Retention = 0
III) <u>N/P-Verhältnisse (Gesamt):</u>	1085/93,5 = 11,6	107/10,7 = 10,0

## Stützung des Landschaftswasserhaushaltes – Abwasser als Ressource?

Klaus Möller und Markus Müller

100 Jahre Rieselfeldwirtschaft haben Landschaft, Nutzung und Wasserhaushalt im südlichen Umland von Berlin geprägt. Nach deren Einstellung vor 15 Jahren befindet sich diese Kulturlandschaft im Wandel.

Insbesondere in den Niederungen des Nuthegrabens, des Rangsdorfer Sees und des Zülowkanals findet aufgrund des Wassermangels in den Sommermonaten eine verstärkte Mineralisation der Niederungsböden statt. Natur und Landwirtschaft verlieren zunehmend ihren niederungstypischen Charakter.

Die Nutzung gereinigten Abwassers der Großstadt Berlin kann einen Beitrag zur Veränderung dieser Situation leisten.

Bereits in den 80er Jahren war daher zur Bewässerung ein Überleitungsgraben vom Klärwerk Waßmannsdorf zur Niederung des Nuthegrabens angelegt worden (Bewässerungsüberleiter – BÜL). Aufgrund der damals unzureichenden Reinigungsleistung des Klärwerkes wurde dieser Bewässerungsüberleiter nicht in Betrieb genommen. Die durch den Ausbau des Klärwerkes verbesserten Ablaufwerte eröffnen nunmehr eine Reihe von Möglichkeiten, das gereinigte Abwasser in Übereinstimmung mit den EU-Richtlinien zur Minderung des sommerlichen Wassermangels und somit als Ressource einzusetzen.

1997 wurde die Ableitung von 350 l/s behandelten Abwassers aus dem Klärwerk Waßmannsdorf über den Bewässerungsüberleiter und den Nuthegraben in die Nuthe und damit die Havel bei Potsdam im Probetrieb aufgenommen. Im Zuge der Ableitung über das Grabensystem des Bewässerungsüberleiters (BÜL) erfährt das behandelte Abwasser dabei zunächst eine 15-20 %ige Abnahme seiner Schadstofffracht. Auf dem Wege zur Nuthe wird diese Stoffreduktion durch zusätzliche Abwassereinleitungen und Rücklösungserscheinungen in der Niederung wieder kompensiert. Trotzdem bleibt die Güteklasse II in der Nuthe erhalten. Wesentlich ist die Stützung des Wasserhaushaltes der vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Niederung. Die Niederungen um den Nuthegraben nehmen in den Sommermonaten mehr als 300 l/s des ihnen zugeführten Wassers zur Deckung ihres Wasserhaushaltes auf.

Der Versuch zeigte, dass die Ableitung schadlos möglich ist. Seit Februar 2000 laufen drei weitere Versuche zur Stützung des Landschaftswasserhaushaltes mit Hilfe von behandeltem Abwasser des KW Waßmannsdorf:

- Stützung des Wasserhaushaltes in der Niederung des Lilograbens bei Großbeeren:  
Die Lilograbenniederung, durch die Einstellung der Abwasserverrieselung seit mehr als 15 Jahren trockengefallen, erhält durch die Zuleitung behandelten Abwassers eine wesentliche Stützung des Wasserhaushaltes. Die anfangs beobachtete deutliche

Verbesserung der Gewässergüte wird durch Rücklösungserscheinungen derzeit kompensiert.

- Bewässerung eines Bruchwaldareals zwischen Großbeeren und Diedersdorf:  
Als ein Versuch gilt die Bewässerung eines Bruchwaldes. Sie soll zeigen, welche Wassermengen von dem System aufgenommen werden und welche qualitativen Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwasser auftreten. Die ersten Ergebnisse sind ermutigend.
- Untersuchung der hydraulischen Möglichkeiten zur Schaffung einer Verbindung zwischen Einzugsgebieten von Nuthe und Dahme durch den Zülowkanal:

Der Versuch der Überleitung von der Nutheniederung (Einzugsgebiet der Havel) über die Wasserscheide zum Einzugsgebiet der Dahme und damit der Spree dient der Stützung der Wasserführung im Zülowkanal, vor allem soll er aber Aufschluss über die Rahmenbedingungen für eine größere Überleitungsmenge (Stützung des Wasserkreislaufes in der Zülow-/Nuthekanalniederung sowie im Dahmesystem) erbringen. Zur Zeit werden ca. 100 l/s aus der Ableitung behandelten Abwassers über das BÜL-Nuthegrabensystem abgezweigt. In bestehenden Gräben wird es in freiem Gefälle von der Niederung um den Nuthegraben über die hier sehr flache Wasserscheide in die Niederung des Rangsdorfer Sees geleitet. Hierbei quert es das Naturschutzgebiet Rangsdorfer See sowie eine Trinkwasserschutzzone.

## **Einfluss der Landwirtschaft auf die Sickerwasserqualität im Torgauer Raum – GIS-gestützte, mesoskalige Modellierung und Bewertung des potenziellen Nitrataustrages in Abhängigkeit von der Landnutzungsart und -intensität**

Marco Neubert

Das Poster veranschaulicht die Ergebnisse einer Diplomarbeit<sup>1</sup>, die im Rahmen des interdisziplinären Verbundprojektes „*Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet – untersucht am Beispiel des Torgauer Raumes*“ am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH angefertigt wurde. Das Forschungsprojekt ist auf Nutzungskonflikte zwischen Naturressourcenschutz und Wirtschaft fokussiert. Ein Projektschwerpunkt stellt dabei die Analyse des Einflusses der Landnutzung auf die *Grundwasserquantität und -qualität* dar. Diese Faktoren fließen als Nachhaltigkeitsindikatoren in eine detaillierte ökologisch-ökonomische Bewertung ein (vgl. Horsch in diesem Bericht).

Die Untersuchung bezieht sich auf den 686 km<sup>2</sup> umfassenden Torgauer Raum im Nordosten des Regierungsbezirkes Leipzig, womit sie dem mittleren Maßstabsbereich zuzuordnen ist. Ausgehend von der Grundwasserneubildung und von der Stickstoffbilanz wurde für das Untersuchungsgebiet die potenzielle Nitratbelastung des Sickerwassers berechnet. Im Vergleich zu Volk et al. (in diesem Bericht) wurde hierzu ein *Wasserhaushaltsmodell (ABIMO)* sowie ein *Betriebsbilanzierungsmodell (REPRO)* zur N-Bilanzierung verwendet, deren Ergebnisse mittels eines *Geographischen Informationssystems (GIS)* kombiniert wurden. Im Ergebnis der Arbeit wurden Aussagen zum derzeitigen Zustand des Nitrataustrages (bezogen auf das Jahr 1993) sowie für acht Entwicklungsszenarien für das Jahr 2030 getroffen. Dabei zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit der potenziellen Nitratbelastung von den Ausgangsgrößen Grundwasserneubildung und Stickstoffbilanz.

Neben den einfließenden klimatischen und pedologischen Parametern wird die *Grundwasserneubildung* aufgrund verschiedener Verdunstungsraten hauptsächlich durch unterschiedliche Flächennutzungen beeinflusst. Die Nutzungsform Ackerland erweist sich hierbei als günstig für eine hohe Grundwasserneubildung. Jedoch wirkt sich die ackerbauliche Nutzung zumeist negativ auf die Qualität des Sickerwassers aus.

Die Höhe der *Stickstoffüberschüsse* der Landwirtschaft korreliert mit verschiedenen Faktoren, wobei die Bewirtschaftungsintensität den größten Einfluss ausübt. Die Berechnungen auf Grundlage erhobener Bewirtschaftungsdaten ergaben einen deutlich positiven Effekt der extensiven Nutzungsvariante ökologischer Landbau. Dagegen führte eine integrierte oder konventionelle Landwirtschaft teilweise zu erheblich höheren Stickstoffüberschüssen. Zudem wurden Korrelationen der N-Bilanzen zu Lagekriterien und zu Schutzauflagen ermittelt. Dabei zeigten sich auf den sandigen Heideflächen des Gebietes aufgrund von Bodengegebenheiten eindeutig höhere N-Überschüsse als auf den gut nährstoffspeicherfähigen Lehm-

<sup>1</sup> Betreuer: Prof. Dr. Kramer, Technische Universität Dresden; Dr. Herzog, FAL Zürich; Dr. Volk, UFZ Leipzig

böden der Elbaue. Ebenfalls konnte ein geringerer Stickstoffüberschuss innerhalb von Trinkwasserschutzgebieten (TWSG) beobachtet werden. Die Stickstoffbilanzen der Nutzungsarten Grünland und Wald wurden nach Literatur- bzw. Expertenaussagen geschätzt.

Die Bestimmung der *potenziellen Nitratkonzentration im Sickerwasser* durch die Kombination der Grundwasserneubildung und der Stickstoffüberschüsse ergab sehr hohe Resultate. Bezogen auf ackerbaulich genutzte Flächen verdeutlicht das Modellierungsergebnis, dass der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO<sub>3</sub>/l einzig in den TWSG des Elbtals knapp eingehalten werden kann. Die höchste Gefährdung des Grundwassers besteht unter den gut durchlässigen Böden der Heidegebiete. Insbesondere bei intensiver Ackernutzung treffen dort hohe Sickerwasserraten mit hohen N-Überschüssen aufeinander. In diesen Gebieten wird ein mittlerer Austrag von 160 mg NO<sub>3</sub>/l erreicht. Die NO<sub>3</sub>-Austräge der Flächennutzungsarten Grünland und Wald liegen dagegen auf sehr geringem Niveau (16 bzw. 13 mg NO<sub>3</sub>/l).

Die Modellierungsergebnisse für die *Szenarien* spiegeln aufgrund der Vielzahl von Annahmen hypothetische Entwicklungen wider, deren Eintreten jedoch tendenziell zu erwarten ist. Demnach werden die Nitratausträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen aufgrund einer zunehmenden Extensivierung bis zum Jahr 2030 leicht zurückgehen. Negativ wirken sich jedoch stark steigende Austräge aus Waldflächen aus. Ursache hierfür ist die begründete Annahme, dass in den Waldböden für den Zeithorizont der Szenarien eine Stickstoffsättigung eintritt. Die Nitratausträge aus Grünlandflächen bleiben nahezu unverändert.

Die Ergebnisse der modellierten NO<sub>3</sub>-Konzentrationen im Sickerwasser können aufgrund der Qualität der Eingangsdaten sowie des Modellcharakters nur Tendenzen wiedergeben. Es handelt sich lediglich um eine vereinfachte Schätzmethode, welche jedoch für Bewertungen auf mittlerer Maßstabsebene als akzeptabel beurteilt werden kann (vgl. Frede und Dabbert 1998, S. 40). Durch die Kombination mit einem Geographischen Informationssystem können flächendifferenzierte Rückschlüsse auf die Auswirkungen durch unterschiedliche Landnutzungsarten und -intensitäten gezogen werden. Der Vergleich mit Ergebnissen der Untersuchung von Volk et al. (in diesem Bericht) mit anderer Methodik zeigt überwiegend gute Übereinstimmungen. Ein Methodenvergleich ist vorgesehen. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der genaueren Prozessaufklärung der Nitratauswaschung sowie der Entwicklung des Nitrathaushaltes der Waldgebiete.

Die derzeitige Nitratbelastung des Grundwassers im Untersuchungsgebiet ist gering. Hohe N-Bilanzüberschüsse der Landwirtschaft einerseits und niedrige Nitratgehalte im geförderten Grundwasser andererseits lassen auf noch gute Abbaubedingungen der hohen NO<sub>3</sub>-Einträge schließen. Für eine langfristige Sicherung der Grundwasserressourcen ist eine zukünftige Verringerung der Einträge jedoch unerlässlich, da es aufgrund des irreversiblen Aufbrauchs der Nitrat reduzierenden Stoffe nach deren Aufzehren zu einem ‚Nitratdurchbruch‘ kommen kann (vgl. LAWA 1995, S. 97f.). Zur Senkung der Nitratausträge sind insbesondere Maßnahmen im Agrarbereich notwendig. Dabei ist die Agrarpolitik gefordert, zukünftig eine naturressourcenschonende Landwirtschaft zu etablieren.

Nutzungsmöglichkeiten der Ergebnisse bieten sich neben der wissenschaftlichen Anwendung vor allem in der Raumplanung als Entscheidungshilfe für raumwirksame Akteure. So ist eine Einbindung in laufende kommunale oder regionale Planungsprozesse denkbar. Generell wäre eine stärkere Kooperation zwischen Wasser- und Landwirtschaft in derartigen Konfliktgebieten wünschenswert. Mit politischer und planerischer Unterstützung lässt sich so eine Ressourcen schonende Landwirtschaft umsetzen. Denn der Landwirtschaft kommt mit einem genutzten Ackerlandanteil von 50 % des Untersuchungsgebietes eine entscheidende Rolle beim Boden- und Wasserschutz zu.

### **Literatur**

- Frede, H.-G., Dabbert, S. (Hrsg.) (1998) Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft, ecomed-Verlag, Landsberg/Lech
- LAWA (1995) Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit Nitrat. In: Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) Stuttgart

## **Vorbeugender Hochwasserschutz – integrierter Bestandteil einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung und Landnutzung**

Bernd Siegel und Gerhard Richter

Der vorbeugende Hochwasserschutz verfolgt das Ziel, den Niederschlagsabfluss zum Gerinne zu dämpfen und in den Fließgewässern zu verzögern. Viele lenkende Maßnahmen sind dazu bekannt, sie werden aber von den Fachplanungen nur selten im Zusammenhang mit Zielen des Hochwasserschutzes umgesetzt. Auf den vorbeugenden Hochwasserschutz konsequent ausgerichtete koordinierte Planungen, die sich an Flusseinzugsgebieten orientieren, gibt es nicht oder nur in Ansätzen. Diese Defizite in der Planung gilt es abzubauen; hier sind vor allem die Raumordnung und die Regionalplanung aufgefordert, die Voraussetzungen zu schaffen, dass stringent flussgebietsbezogene Konzepte entwickelt und umgesetzt werden.

Dezentrale Maßnahmen, die den vorbeugenden Hochwasserschutz mit einbeziehen, wurden bisher nur sektoral von den Fachplanungen im Rahmen des Natur- und Landschaftsschutzes, der agrarstrukturellen Entwicklungsplanungen, Forstplanungen, Gewässerentwicklungskonzeptionen und städtebaulichen Entwicklungskonzepten, meist aber nur untergeordnet im Zusammenhang mit anderen Zielen eingebracht und umgesetzt. In der Raumplanung spielte der vorbeugende Hochwasserschutz bisher nur eine Nebenrolle, weil der Hochwasserschutz in seiner Gesamtheit fast ausschließlich in der Verantwortung der Wasserwirtschaft lag und überwiegend technisch ausgerichtet war. Erst mit den in den 90er Jahren in immer kürzeren Abständen an unseren Fließgewässern wiederkehrenden Hochwässern begann ein Umdenken in der Strategie zur Hochwasservorsorge.

Vor diesem Hintergrund leistet das Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden mit einem Forschungsprojekt zum vorbeugenden Hochwasserschutz einen Beitrag. Das Projekt versucht die Entwicklung einer verallgemeinerungsfähigen Strategie zum vorbeugenden Hochwasserschutz durch die Raumplanung auf den Weg zu bringen. Die Untersuchungen wurden im Bereich der Oberen Elbe am Beispiel des Einzugsgebietes der Wesenitz durchgeführt.

### **2 Projektergebnisse**

Auf der Grundlage einer umfassenden Analyse zum Flusseinzugsgebiet wurden die Konfliktbereiche mit einem überdurchschnittlichen Oberflächenabfluss der Niederschläge, synoptisch aus den Indikatoren Hangneigung, Wasserdurchlässigkeit des Bodens und Bodenbedeckung ermittelt. Dabei bildeten die Mikrogeochoren, die für Sachsen im Maßstab 1:50.000 als Grundlage für die Landes- und Regionalentwicklung flächendeckend vorliegen sowie Satellitenbilddaten von CORINE Land Cover die Basis für die Bewertung. Die Intensität des Oberflächenwasserabflusses wurde in vier Stufen charakterisiert – starker, mäßiger, geringer, sehr geringer Oberflächenwasserabfluss. Aus dieser Bewertung leiteten sich die

Proritäten für den Handlungsbedarf und für die Umsetzung der den Wasserabfluss hemmenden Maßnahmen ab.

Die Spezifik der dezentralen Maßnahmen für den lokalen Bereich wurde unter Hinzuziehung von Satellitenbilddaten (IRS-1C vom 18. Aug. 1998), in Verbindung mit Ortsbegehungen und in gemeinsamen Diskussionen mit Fachplanern und Betroffenen festgelegt. Insgesamt wurden 15 relevante Maßnahmen herausgearbeitet und inhaltlich definiert, die bezüglich ihrer Umsetzung in der Verantwortung unterschiedlicher Fachbereiche liegen. Für diese vorbeugenden Hochwasserschutzmaßnahmen wurden jeweils eigenständige Planzeichen entwickelt, die flusseinzugsgebietbezogen ausgewiesen werden und einen informellen Charakter haben. Durch die flusseinzugsbezogene Bearbeitung können administrative Planungsgrenzen kommunal, regional aber auch international leichter überwunden werden. Die flusseinzugsgebietsbezogene Planung koordiniert grenzübergreifend die Einzelmaßnahmen zum vorbeugenden Hochwasserschutz und fördert kumulativ die Schutzeffekte. Die Fachplanungen erhalten durch die informellen Vorgaben nachhaltige Impulse, dem vorbeugenden Hochwasserschutz in ihren Planungen eine höhere Akzeptanz zu geben. Ferner tragen die Pläne durch ihre hohe Transparenz bei allen im Einzugsbereich lebenden Menschen zur Stärkung des Hochwasserbewusstseins bei und fördern den Gedanken, erforderlich werdende Investitionen zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Sinne einer Solidargemeinschaft gemeinsam zu tragen.

Der informelle Plan zum vorbeugenden Hochwasserschutz für den Modellraum der Wesenitz wurde in einer mittelmaßstäbigen Ebene erarbeitet. Die Planzeichen konzentrieren sich im Einzelnen auf Maßnahmen zur/zum

- Aufforstung von Waldflächen mit Hochwasserschutzfunktion,
- Umwidmung in Grünland,
- Anordnung von Wasser rückhaltenden Vegetationsstrukturen,
- Erhaltung und Entwicklung von Auwald,
- Erhaltung von Feuchtflächen und zum Verzicht auf Meliorationsmaßnahmen,
- Festsetzung von Überschwemmungsgebieten,
- raumplanerischen Sicherung von Überschwemmungsgebieten,
- Regenwassersammlung und -bewirtschaftung,
- Flussrenaturierung,
- Bodenentsiegelung,
- Wasserrückhaltung in Staumulden sowie Rückstau an Straßendurchgängen,
- Brachflächenvermeidung landwirtschaftlicher Nutzflächen,
- erosionshemmenden landwirtschaftlichen Bearbeitung,
- Objektschutz und zur baulichen Sicherung .

Die auf dieser Methodik ermittelten Ergebnisse sind zwar grob, liefern aber für eine Flussgebietsrahmenplanung zum vorbeugenden Hochwasserschutz vor allem kurzfristig eine ausreichende Planungsschärfe zur Oberflächenabflusscharakteristik und stimulieren informell die

---

Fachplanungen, ökologisch determinierte Leitbilder zum Hochwasserschutz stringenter umzusetzen.

Der informelle Plan zum vorbeugenden Hochwasserschutz im Modellraum der Wesenitz und die eigens dafür entwickelten Planzeichen sind auf dem Poster dargestellt.

## **Optimal Allocation as a Paradigm to Integrate Evaluation and Modelling**

Olaf Tietje

The optimal allocation of measures to reduce nitrate leaching and subsequent groundwater contamination in the Klettgau can be seen as an important part of a sustainable land and water use management. Land and water use cannot be separately assessed because land use determines the availability and quality of water, and the availability and quality of water in turn defines boundary conditions of land use both locally and in the region.

In this case optimal allocation means optimal distribution of management resources. The goal function is difficult because it includes a multi-objective programming depending on: the knowledge about the physical processes, the economic structure of the farms and the nitrate reducing measures, and the evaluation structure of the relevant agents.

The resulting evaluation scheme combines a model for the assessment of nitrate leaching with evaluations and possible weightings by different agents. It shows that a regional distribution of measures seems appropriate, although the most risky locations have to be treated with higher priority. The objectives of this presentation are to emphasize that methods for environmental evaluation and modelling have to be linked emphasizing a top down approach, where the overall problems of a case and their evaluation have to guide the development of appropriate models.

## **Elbaue Torgau – Beispielgebiet für die interdisziplinäre Untersuchung von Schlüsselprozessen in Trinkwassergewinnungsgebieten**

Rolf Trettin und Kay Knöller

Infolge ihrer überregionalen Bedeutung sind die Trinkwassereinzugsgebiete von Torgau seit Beginn der 90er Jahre Gegenstand intensiver Untersuchungen. Dies betrifft nicht nur die Risikountersuchung von Rüstungsaltslasten (WASAG westlich der Fassungen von Elsnig-Mockritz) sondern vor allem auch die Auseinandersetzung mit den Faktoren, die für die Qualitätsentwicklung der Grundwässer in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten mit Uferfiltration typisch sind.

Untersuchungsschwerpunkte des UFZ sind vor allem die Prozesse in der gesättigten Zone aber auch Stoffeinträge über den Boden (Nitrat, Sulfat) und die sozioökonomischen Rahmenbedingungen. Ein besonderes Anliegen der Sektion Hydrogeologie des UFZ ist die Erschließung und Nutzung natürlicher Isotopenvariationen als Diagnosemittel.

Da die meisten aktiven Wasserfassungen von Torgau zu bedeutenden Anteilen Uferfiltrat fördern, spielt die Elbe für das Torgauer Gebiet als langzeitstabile Wasserquelle eine zentrale Rolle. Uferfiltrationsprozesse wurden zwischen 1992 und 1997 ausführlich untersucht und z.B. in Nestler et al. (1998) beschrieben. Anhand von zwei Messfeldern in Torgau-Ost wurde demonstriert, wie sich die Flusswasserbeschaffenheit in den Fassungen abbildet und welche experimentellen Methoden unter den Bedingungen an der mittleren Elbe besonders geeignet sind, um Strömungsparameter und Reaktionen auf dem Fließweg zu erfassen. Von praktischer Relevanz ist z.B., dass

- bei einer Aquifermächtigkeit von ca. 40 m (Entfernung zwischen Elbe und Brunnen ca. 250 m) bereits strombahnabhängige Fließzeitvariationen zwischen ca. 40 Tagen und einem Jahr gemessen wurden, was z.B. eine lange Nachwirkung von Stoßbelastungen erkennen lässt,
- die Strömungs- und Schichtungsverhältnisse im Raum zwischen Fluss und Fassung weiterhin stark von stratigraphischen Besonderheiten im Aquifer wie auch vom Elbewassergang beeinflusst werden, was auch bei der Überwachungsstrategie beachtet werden muss,
- eine Grundwasserunterquerung der Elbe lokal zu berücksichtigen ist, diese aber nicht im Einzugsbereich aller Brunnen erfolgt,
- hydrochemische Veränderungen beginnend bei der Gewässerbettpassage (DOC) und auf dem weiteren Fließweg (verschiedene Formen der Denitrifikation, lokal Sulfidauflösung) ablaufen und
- mit der Förderleistung der Brunnen auch Einfluss auf die Qualität des Wassers genommen werden kann.

Weiterhin wird die Rohwasserqualität durch Anteil und Beschaffenheit des regional gebildeten Grundwassers bestimmt. Ein Untersuchungsschwerpunkt gilt der Frage nach den Ursachen der Mitte der 90er Jahre festgestellten Erhöhung der Sulfatkonzentration im Grundwasser mit lokalen Grenzwertüberschreitungen. Hydrochemische Veränderungen in der Rohwasserqualität gibt es in vielen Wasserwerken. Es ist auf Dauer nicht hinnehmbar, Verschlechterungen einfach auszuweichen. Eine Prognose der künftigen Entwicklung als Grundlage von Handlungsoptionen erfordert die Erfassung der Einträge und des komplexen Stoffhaushaltes in der ungesättigten und gesättigten Zone unter Beachtung des gesamten Einzugsgebietes ebenso wie die hydrochemische und hydraulische Modellierung unter Beachtung der veränderlichen Landnutzungs- und Wassergewinnungsszenarien. Dies gelingt nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Seit 1999 ist Torgau-Mockritz eines von 4 Beispielgebieten im BMBF-Forschungsverbundprojekt „Wasserversorgung und Sulfatbelastung des Grundwassers unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen“, das Bodenkundler, Hydrogeologen, Modellierer und Hydrochemiker aus sechs universitären und außeruniversitären Einrichtungen in enger Kooperation mit den Wasserwirtschaftsunternehmen verbindet.

Die Ausdehnung des Einzugsgebietes, die hydrogeologische Kompliziertheit der Moränengebiete im Westteil und die bedeutende Aquifermächtigkeit in der Elbtalwanne bewirken, dass das insgesamt zu berücksichtigende Fließzeitspektrum in Mockritz Jahrzehnte überstreichen muss. Demzufolge können spezielle Belastungssituationen ebenfalls erst nach Jahren und Jahrzehnten im Rohwasser sichtbar werden. Isotopenuntersuchungen haben ergeben, dass z.B. an der Basis der quartären Elbtalwanne, in der sich auch die Brunnen befinden, häufig Wässer mit einem Alter von über 50 Jahren und in einigen Randlagen sogar im Bereich von Jahrhunderten oder einigen Jahrtausenden anzutreffen sind.

Betrachtet man das im Wasser gelöste Nitrat und Sulfat, so stellt man fest, dass sich alte Wässer (mit Ausnahme seltener in Mockritz bisher nicht nachgewiesener Liegendwasseraufstiege) durch eine geringe Mineralisation auszeichnen und als Quelle erhöhter Sulfatgehalte auszuschließen sind. Für die Ursachenklärung müssen verschiedene Aspekte diskutiert und abgewogen werden. Sichtbare äußere Veränderungen wie diejenigen in der landwirtschaftlichen Nutzung und Düngemittelpraxis, der Rückgang der atmosphärischen Schwefeleinträge und die seit 1990 stark gesunkene Grundwasserförderung müssen in ihrer Nachhaltigkeit verstanden werden. Dies betrifft auch die bisher wenig untersuchten Potenziale für die Freisetzung (oder auch Fixierung) des Sulfats im Aquifer selbst. Der komplexe isopenanalytische Ansatz richtet sich einerseits auf die Identifikation wesentlicher Schwefelquellen (z.B. Düngemittel, S-Spezies im ungesättigten und gesättigten Bereich) und Schwefelumsätze sowie von Fragen der Grundwasserbewegung und der Kommunikation mit lokalen Oberflächengewässern und andererseits auf die Ableitung sinnvoller Anwendungsstrategien bei der Bewertung des Sulfatproblems in der Praxis.

## Literatur

- Nestler, W., Walther, W., Jacobs, F., Trettin, R., Freyer, K. (1998) Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern der Elbe. UFZ-Bericht Nr. 7/1998, ISSN 0948-9452, 204 S.

# **Multilaterale Kooperation in der Wassergewinnungsregion Nord-Hannover – Modellhafte Entwicklung und Erprobung eines integrierten Schutzgebietsmanagements für das Wasserschutzgebiet „Fuhrberger Feld“**

Leonardo van Straaten, Siegfried Wilde, Christina von Haaren, Kerstin Hanebeck  
Hellmut Thiem und Andreas Rausch

## **1 Einführung**

Hannover bezieht über 90 % seines Trinkwassers aus dem „Fuhrberger Feld“. Diese Region stellt somit eine wichtige Lebensgrundlage für die in der Landeshauptstadt lebenden Menschen dar. Um diese Lebensgrundlage auch in Zeiten knapper öffentlicher Mittel und herausfordernden Wettbewerbs in der Wasserversorgung für kommende Generationen zu erhalten und gleichzeitig einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung für die Region zu leisten, wird mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt ein integriertes, d.h. alle Nutzungsansprüche umfassendes Schutzgebietsmanagement entwickelt und erprobt.

Das Vorhaben läuft über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren (Januar 2000 bis Juni 2002) und wird gemeinsam von der Ingenieur- und Consultinggesellschaft Geo-Infometric (Hildesheim), dem Institut für Landschaftspflege und Naturschutz (Universität Hannover) sowie der Stadtwerke Hannover AG durchgeführt.

## **2 Ziele des Projektes**

Im Rahmen des integrierten Schutzgebietsmanagements sollen die Aktivitäten der Wasserwirtschaft, der Land- und Forstwirtschaft, des Umwelt- und Naturschutzes und die Ansprüche weiterer Nutzungen (z.B. Gewerbe- und Siedlungsentwicklung, Erholungsvorsorge) in der Region koordiniert und aufeinander abgestimmt werden. Dadurch sollen Synergieeffekte zwischen den verschiedenen Nutzungsinteressen gefördert und – Gewinn bringend für alle Beteiligten in der Region – im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ausgeschöpft werden.

Eng damit verbunden ist die Verbesserung der Akzeptanz von regionalen Umweltzielen und der gesellschaftlichen Anerkennung der Landnutzer, die im Wasserschutzgebiet Umweltleistungen erbringen.

Nicht zuletzt soll mit Hilfe des integrierten Schutzgebietsmanagements die Effizienz des Mitteleinsatzes sowohl im Grundwasserschutz als auch im Natur- und Umweltschutz erhöht werden.

## **3 Kooperation und Beteiligung als Voraussetzung für Akzeptanz und Erfolg**

Aufbauend auf den bereits bestehenden Kooperationen zwischen Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft soll die Beteiligung auf weitere regionale Akteure (insbesondere Kommunal- und Regionalplanung, Behörden und Interessenvertreter im Naturschutz) ausgedehnt werden. Neben der direkten Einbindung regionaler Beteiligter soll auch die

interessierte Öffentlichkeit durch eine allgemeinverständliche Aufarbeitung der Inhalte und Ergebnisse informiert werden.

Darüber hinaus werden auch die Erkenntnisse aus weiteren im „Fuhrberger Feld“ laufenden Forschungsarbeiten und die Erfahrungen aus anderen Wasserschutzgebieten einfließen.

#### 4 Projektbereiche und Schwerpunkte

Um die komplexen Projektziele zu erreichen, werden folgende Schwerpunkte gesetzt:

- *Entwicklung von Zielkonzepten:* Gemeinsam mit den Beteiligten in der Region sollen Ziele aus Sicht der verschiedenen Nutzungsinteressen zusammengetragen, gemeinsame Ziele abgesteckt und Gestaltungsspielräume zum Erreichen derselben entwickelt werden. In diesem Prozess sollen Konflikte offengelegt und eingegrenzt, vor allem aber Kooperationsmöglichkeiten und Synergieeffekte (z.B. Lenkung von naturschutzrechtlichen Ersatzmaßnahmen in Wasserschutzgebieten) herausgearbeitet werden. Darüber hinaus dienen die Zielkonzepte als Voraussetzung für die Entwicklung und Erprobung einer erfolgsorientierten Honorierung der Umweltleistungen.
- *Honorierung von Umweltleistungen:* Im Dialog mit den Landnutzern soll eine leistungsorientierte Honorierung von Umweltleistungen ausgearbeitet und erprobt werden. Sie basiert auf dem Grundgedanken, dass die Land- und Forstwirtschaft positive Umweltleistungen erbringt („Umweltgüter produzieren“, wie z.B. Sicherung der Grundwasserqualität oder Verbesserung der Standortqualität für Wiesenbrüter). Sie wären folglich nicht – wie bisher üblich – über einen finanziellen Ausgleich für Bewirtschaftungsbeschränkungen im Wasserschutzgebiet zu entschädigen, sondern entsprechend ihrem Beitrag zum Erreichen überdurchschnittlicher Umweltqualitäten Ergebnis bezogen und leistungsgerecht zu vergüten. Dieses Leistungsprinzip soll nicht nur die Motivation der Landnutzer erhöhen, sich an freiwilligen Maßnahmen zu beteiligen, sondern auch in der Öffentlichkeit eine Verbesserung des Images und der Akzeptanz der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung im Wasserschutzgebiet zur Folge haben. Im Rahmen des Projektes sollen bereits erfolgreiche Honorierungsmodelle durch weitere Bausteine im Sinne einer ergebnisorientierten Honorierung ergänzt werden.
- *Einrichtung eines Finanzierungspools:* Zur Umsetzung und Finanzierung der zukünftigen Maßnahmen in der Wassergewinnungsregion wird während des Projektes ein Finanzierungspool („Wasser- und Landschaftsfonds“) konzipiert, über den die Finanzmittel unterschiedlicher Quellen gebündelt werden können. Gleichzeitig kann der Finanzierungsfonds als Organisationsform dienen, um weitere Mittel, z.B. im Rahmen der EU-Förderung, für die Region einzuwerben. Neben der Finanzierung von Projekten und Maßnahmen kann der Fonds auch die Öffentlichkeitsarbeit für den Grundwasserschutz und das regionale Image finanziell unterstützen.
- *Informations- und Steuerungsplattform:* Zur Förderung des Kommunikationsprozesses wird eine computergestützte Informations- und Steuerungsplattform eingerichtet und erprobt. Die Plattform soll als Daten- und Wissensbasis dienen, die z.B. als Planungshilfe

und Steuerungsinstrument genutzt werden kann. Die Auswirkungen der Landnutzung auf Grundwasserbeschaffenheit und regionale Umweltqualität sollen prognostiziert sowie verständlich und nachvollziehbar dargestellt werden. Dadurch werden die ökologischen und ökonomischen Wirkungszusammenhänge in der Wassergewinnungsregion verdeutlicht und aufgezeigt, welche Umweltleistungen zum Schutz des Grundwassers erbracht werden. Zudem soll die Plattform über das Internet zugängliche Module enthalten, deren Inhalte sich an die interessierte Öffentlichkeit richten und u.a. zur Imagepflege von Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz und den Kommunen eingesetzt werden können.

Auf diese Weise sollen die Voraussetzungen für ein lebendiges Informations- und Kommunikationsforum geschaffen werden, das sowohl die Bedeutung der Region für Trinkwassergewinnung herausstellt als auch einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung der Region leistet.

## Flusssedimente: Umlagerung – Verdünnung – Austrag

Lutz Zerling, Christiane Hanisch und Ansgar Müller

Flusssedimente stellen das Langzeitgedächtnis der Gewässergüte dar. Im Gegensatz zu den Momentaufnahmen von Wasserproben in Fließgewässern repräsentieren die jüngsten, oberflächennahen, feinkörnigen Schlammablagerungen in Stillwasserbereichen die Schwebstoffe und die von ihnen sorbierten Wasserinhaltsstoffe der letzten Wochen bis Monate; bei Altseimenten mit Mächtigkeiten von mehreren Metern können es Jahrzehnte und mehr sein. Dies gilt insbesondere für die nicht den biotischen Abbauprozessen unterliegenden anorganischen Stoffe wie die hier näher untersuchten Schwermetalle.

Flusssedimente sind als Senken wie auch Quellen für die durch anthropogene Nutzung zu Schadstoffen angereicherten Schwermetalle von besonderer Bedeutung. Die Erfassung der vorrangig in Stauräumen abgelagerten Altsedimente ist Voraussetzung für die Einschätzung des möglichen Gefährdungspotenzials.

Der Rückgang der Schadstoffeinträge in den 90er Jahren durch Betriebsstillegungen, Produktionsumstellungen und Kläranlagenbau führte zur Abdeckung stark kontaminierter Altsedimente durch jüngere, wesentlich geringer kontaminierte Sedimente. In Abhängigkeit von der Wasserführung, die neben dem Niederschlagsgeschehen auch durch Landnutzung und Wasserbau bzw. -bewirtschaftung beeinflusst wird, kommt es zu einem Wechsel von Erosions- bzw. Resuspensions- und Sedimentationsvorgängen, die in unterschiedlicher Weise hoch belastete Altsedimente und jüngere Sedimente betreffen. Die dadurch ausgelösten Prozesse der Verlagerung, der Verdünnung und des Austrages von Sediment und Schwebstoff und der daran gebundenen Schwermetalle werden in ihren zeitlichen und räumlichen Aspekten derzeit im modellhaften Einzugsgebiet der Weißen Elster untersucht.

Grundlagen hierfür bilden die im Poster dargestellten langjährigen Arbeiten zur Sedimentqualität (Schwermetallkartierung nach Igeo-Klassen), Sedimentquantität (Vermessung der Schlammmächtigkeit und Berechnung der Schlammmassen in den wesentlichen Wehrstaubereichen) und die seit 1991 laufende Messreihe zum partikulären und gelösten Metallausstrag aus dem Flusssystem im Mündungsbereich der Weißen Elster bei Halle.

Als Beispiel sei die Cadmiumbelastung der jeweils aktuellen Flusssedimente der Weißen Elster im Zeitraum 1991 bis 1999 dargestellt (vgl. Abb. 1). Hauptverursacher für die Cadmiumbelastung der Weißen Elster war das Chemiewerk Greiz-Dörlau. Mit der Produktionsumstellung 1991 wurde diese Quelle nahezu eliminiert, so dass Cadmium als eine Art Tracer für die flussabwärts gerichtete Verlagerung und Verdünnung des Sedimentes genutzt werden kann. Bei insgesamt starkem Rückgang der Cadmiumgehalte in der Weißen Elster bis 1999 lässt sich erkennen, dass das kontaminierte Sediment 1994 den Staubereich Herrnmühle bei Berga erreichte und sich bei weiterer Verlagerung und Verdünnung als abgeflachtes Maximum 1999 um Gera wiederfinden lässt.

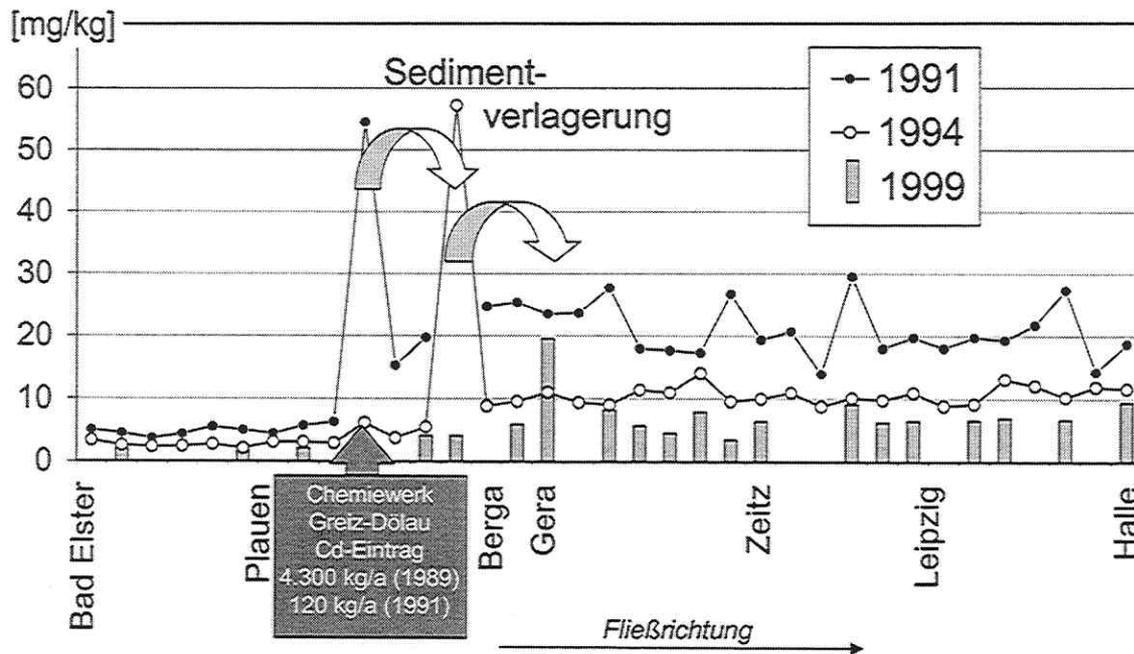


Abb. 1: Cadmium im Flusssediment der Weißen Elster 1991, 1994, 1999. Königswasseraufschluss, Korngröße <math>< 20 \mu\text{m}</math>

Neben Sedimentuntersuchungen geben im Jahr mehrfach wiederholte Schwebstoffbeprobungen mit der fließenden Welle nähere Aufschlüsse über die bei unterschiedlichen Durchflüssen ablaufenden Transportprozesse. Schwerpunkt hierbei ist der Unterlauf der Weißen Elster vom Gewässerknoten Leipzig – mit dem Leipziger Elsterbecken als dem größten Staubereich – bis zur Mündung in die Saale.

## **4 Autorenverzeichnis**

*Aschwanden, Natalie*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,  
Postfach, CH-8046 Zürich

*Bach, Dr. Martin*, Universität Gießen, SFB 299, Institut für Landeskultur,  
Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen,  
Tel.: ++49(641)9937-375, Fax: ++49(641)9937-389, e-mail: Martin.bach@agrار.uni-giessen.de

*Borowski, Ilke*, TU Berlin,  
Reichenberger Str. 149, 10999 Berlin,  
Tel.: ++49(30)61073492, Fax: ++49(30)6181158, e-mail: i.borowski@berlin.de

*Bräuer, Ingo*, Universität Göttingen, Institut für Agrarökonomie,  
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen,  
Tel.: ++49(551)39-4805, Fax: ++49(551)39-4812, e-mail: Ibraeuer@mailera.uni-ao.gwdg.de

*Brüggemann, Dr. Rainer*, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB),  
Abt. 1: Ökohydrologie, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin-Friedrichshagen,  
Tel.: ++49(30)641815, e-mail: brg@igb-berlin.de

*Dehnhard, Dipl.-Ing. Alexandra*, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW),  
Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin,  
Tel.: ++49(30)8845940, Fax: ++49(30)8825439, e-mail: Alexandra.dehnhardt@ioew.de

*Drechsler, Dr. Martin*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökosystemanalyse, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2039, Fax: ++49(341)235-3500, e-mail: Martind@oesa.ufz.de

*Enders, Rainer*, TU Berlin, FG Wasserreinhaltung,  
Sokr. KF4, Str. des 17. Juni 135, 10623 Berlin

*Entner, Ilse*, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH,  
Institut für Hydrologie und Geothermie, Elisabethstr. 16/II, A-8010 Graz,  
Tel.: ++43(316)876-1395,-91395, e-mail: Ilse.entner@joanneum.ac.at

*Ewringmann, Dr. Dieter*, Universität zu Köln, Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut,  
Postfach 420520, 50899 Köln,  
Tel.: ++49(221)426979, Fax: +49(221)422352, e-mail: info@uni-koeln.de

*Fietkau, Dr. Hans-Joachim*, Wissenschaftszentrum Berlin,  
Abt. Normbildung und Umwelt, Reichpietschufer 50, 10785 Berlin,  
Tel.: ++49(30)25491-287, Fax: ++49(30)25491-219, e-mail: fietkau@medea.wz-berlin.de

*Frank, Johann*, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH,  
Institut für Hydrologie und Geothermie, Elisabethstr. 16/II, A-8010 Graz

*Franko, Dr. Uwe*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle,  
Tel.: ++49(345)5585-432, Fax: ++49(345)5585-449, e-mail: ufranko@bdf.ufz.de

*Frede, Prof. Dr. Hans-Georg*, Novartis Crop Protection AG,  
P.O. Box, CH-4002 Basel

*Gaußmann, Dipl.-Ing. agrar. Peter*, Humboldt-Universität Berlin, FG Nutztierökologie,  
Philippstr. 13, 10099 Berlin,  
Tel.: ++49(30)2093-6712, e-mail: h1984d12@rz.hu-berlin.de

*Geyler, Dipl.-Biol. Stefan*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2517, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: geyler@alok.ufz.de

*Grangler, Andreas*, TU Berlin, FG Wasserreinhaltung,  
Sekt. KF4, Str. des 17. Juni 135, 10623 Berlin,  
e-mail: Wrh@itu201.ut.tu-berlin.de

*Günther, Prof. Dr. Edeltraud*, TU Dresden, Fak. Wirtschaftswissenschaften,  
Abt. Betriebswirtschaftslehre, 01062 Dresden,  
Tel.: ++49(351)463-6575, Fax: ++49(351)463-7764

*Gullich, Dr. sc. agr. Peter*, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft  
Abt. Agrarmanagement und Ökologie, PF 100262, 07702 Jena

*Haase, Dr. Dagmar*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Angewandte Landschaftsökologie (ALOE), Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2041, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: Haase@alok.ufz.de

*Hanebeck, Dipl.-Ing. Kerstin*, Universität Hannover, Institut für Landschaftspflege und Naturschutz,  
Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover,  
Tel.: ++49(511)762-4054, Fax: ++49(511)762-3791, e-mail: Hanebeck@land.uni-hannover.de

*Hanisch, Christiane*, Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,  
Vorhaben „Schadstoffdynamik in Einzugsgebieten“, Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig

*Heinken, Andreas*, Humboldt-Universität Berlin, FG Nutztierökologie,  
Philippstr. 13, 10099 Berlin

*Herzog, Dr. Felix*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,  
Postfach, CH-8046 Zürich,  
Tel.: ++41(1)377-7445, Fax: ++01(377)7201, e-mail: felix.herzog@fal.admin.ch

*Hoekstra, Dr. ir. Arjen Y.*, IHE Delft,  
P.O. Box 3015, NL-2601 DA Delft,  
Tel.: ++31(15)215-1828, Fax: ++31(15)215-2921, e-mail: Arjen@ihe.nl

*Horsch, Prof. Dr. habil. Helga*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2020, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: horsch@alok.ufz.de

*Huber, Andreas*, Universität Gießen, SFB 299, Institut für Landeskultur,  
Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen

- Hüttl, Prof. Dr. habil. Reinhard F.*, BTU Cottbus, Lst. für Bodenschutz und Rekultivierung,  
Postfach 101344, 03013 Cottbus  
Tel.: ++49(355)69-2117, Fax: ++49(355)69-2323, e-mail: huettl@tu-cottbus.de
- Isermann, Dr. Klaus*, BNLA Büro für Nachhaltige Landwirtschaft und Agrikultur,  
Heinrich-von-Kleist-Str. 4, 67374 Hanhofen,  
Tel.: ++49(6344)2983, Fax: ++49(6344)937264, e-mail: Isermann@t-online.de
- Isermann, Renate*, BNLA Büro für Nachhaltige Landwirtschaft und Agrikultur,  
Heinrich-von-Kleist-Str. 4, 67374 Hanhofen,  
Tel.: ++49(6344)2983, Fax: ++49(6344)937264, e-mail: Isermann@t-online.de
- Jekel, Martin*, TU Berlin, FG Wasserreinigung,  
Sekt. KF4, Str. des 17. Juni 135, 10623 Berlin
- Johst, Dr. Karin*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökosystemanalyse, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig  
Tel.: ++49(341)235-2035, Fax: ++49(341)235-3500, e-mail: kajo@oesa.ufz.de
- Klauer, Dr. Bernd*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2204, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: klauer@alok.ufz.de
- Knöller, Kay*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle,  
Tel: ++49(345)5585-246, e-mail: knoeller@hdg.ufz.de
- Leis, Albrecht*, Joanneum Research Forschungsgesellschaft MbH,  
Institut für Hydrologie und Geothermie, Elisabethstr. 16/II, A-8010 Graz
- Marggraf, Prof. Dr. Rainer*, Universität Göttingen, Institut für Agrarökonomie,  
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen,  
Tel.: ++49(551)39-4829, Fax: ++49(511)39-4812, e-mail: Rmarggr@gwdg.de
- Messner, Dr. Frank*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2204, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: messner@alok.ufz.de
- Möller, Klaus*, Umweltvorhaben Möller & Darmer GmbH,  
Knesebeckstr. 18, 10629 Berlin
- Müller, Dr. Ansgar*, Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,  
Vorhaben „Schadstoffdynamik in Einzugsgebieten“, Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig
- Müller, Dr. Eckhard*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig  
Tel.: ++49(341)235-2856, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: emueller@alok.ufz.de

*Müller, Marcus*, Umweltvorhaben Möller & Darmer GmbH,

Knesebeckstr. 18, 10629 Berlin

Tel.: ++49(30)318613-13, Fax: ++49(30)318613-29, e-mail: UMD.Berlin@t-online.de

*Neubert, Marco*, Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR),

Weberplatz 1, 01217 Dresden,

Tel.: ++49(351)4679-278, Fax: ++49(351)4679-212, e-mail: Mneubert@rcsl.urz.tu-dresden.de

*Prasuhn, Volker*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,

Postfach, CH-8046 Zürich

*Probst, Mathilda*, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH,

Institut für Hydrologie und Geothermie, Elisabethstr. 16/II, A-8010 Graz

*Rausch, Dipl.-Ing. Andreas*, Stadtwerke Hannover AG,

Tel.: ++49(511)430-3051

*Ring, Dr. Irene*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,

Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,

Tel.: ++49(341)235-2480, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: ring@alok.ufz.de

*Richter, Gerhard*, Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR),

Weberplatz 1, 01217 Dresden

*Schmidt, Thomas*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,

Sektion Bodenforschung, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle

*Schneider, Dr. Bernd Uwe*, BTU Cottbus, Lst. für Bodenschutz und Rekultivierung,

Postfach 101344, 03013 Cottbus

Tel.: ++49(355)69-3314, Fax: ++49(355)69-2323, e-mail: schnuwe@tu-cottbus.de

*Schuh, Heiko*, TU Dresden, Fak. Wirtschaftswissenschaften,

Abt. Betriebswirtschaftslehre, 01062 Dresden,

Tel.: ++49(351)463-6575, Fax.: ++49(351)463-7764, e-mail: Heiko.schuh@mailbox.tu-dresden.de

*Siegel, Dr. Bernd*, Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR),

Weberplatz 1, 01217 Dresden,

Tel.: ++49(351)467-90, Fax: ++49(351)467-9212

*Socher, Dr. Martin*, Staatliches Umweltfachamt Leipzig,

Bautzner Straße 67, 04347 Leipzig,

Tel.: ++49(341)2421-502, e-mail: Martin.socher@stufal.smu.sachsen.de

*Spehl, Prof. Dr. Harald*, Universität Trier, FB IV, Volkswirtschaftslehre,

54286 Trier

Tel.: ++49(651)201-2739, Fax: ++49(651)201-3934, e-mail: spehl@uni-trier.de

*Spiess, Ernst*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,

Postfach, CH-8046 Zürich

*Stauffer, Werner*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,  
Postfach, CH-8046 Zürich

*Thiem, Dr. Hellmut*, Stadtwerke Hannover AG,  
Tel.: ++49(511)430-3050

*Tietje, Dr. Olaf*, ETH Zürich, Institut für Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften (UNS),  
ETH Zentrum HAD, Haldenbachstr. 44, CH-8092 Zürich,  
Tel.: ++41(1)632-5894, Fax: ++41(1)632-1029, e-mail: [tietje@uns.umnw.ethz.ch](mailto:tietje@uns.umnw.ethz.ch)

*Thormann, Doreen*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Angewandte Landschaftsökologie (ALOE), Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,

*Trettin, Dr. Rolf*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Hydrogeologie, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle,  
Tel.: +49(345)5585-207/253/254, Fax: +49(345)5585-559, e-mail: [trettin@hdg.ufz.de](mailto:trettin@hdg.ufz.de)

*van Straaten, Leonardo*, Geo-Infometric van Straaten und Teilhaber GmbH,  
Hildesheim,  
Tel.: ++49(5121)7682-12

*Volk, Dr. Martin*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Angewandte Landschaftsökologie, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)235-2856, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: [volk@alok.ufz.de](mailto:volk@alok.ufz.de)

*von Haaren, Prof. Dr. Christina*, Universität Hannover,  
Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover,  
Tel.: ++49(511)762-2652, Fax: ++49(511)762-3791

*Wätzold, Dr. Frank*, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH,  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig  
Tel.: ++49(341)235-2670, Fax: ++49(341)235-2511, e-mail: [watzold@alok.ufz.de](mailto:watzold@alok.ufz.de)

*Wilde, Dr. Siegfried*, Geo-Infometric van Straaten und Teilhaber GmbH,  
Hildesheim,  
Tel.: ++49(5121)7682-30,

*Wüthrich, Caroline*, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau,  
Postfach, CH-8046 Zürich

*Wycisk, Prof. Dr. Peter*, M.-L.-Universität Halle-Wittenberg, FG Umweltgeologie,  
Institut f. Geolog. Wissenschaften, Domstr. 5, 06108 Halle,  
Tel.: ++49(345)552-6134, Fax: ++49(345)552-7177, e-mail: [Wycisk@geologie.uni-halle.de](mailto:Wycisk@geologie.uni-halle.de)

*Zerling, Lutz*, Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig,  
Vorhaben „Schadstoffdynamik in Einzugsgebieten“, Karl-Tauchnitz-Str. 1, 04107 Leipzig,  
Tel.: ++49(341)71153-20 o. 21, e-mail: [Zerling@saw-leipzig.de](mailto:Zerling@saw-leipzig.de)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH  
Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht  
Permoserstraße 15  
D-04318 Leipzig  
Telefon 0341/235-2020  
Telefax 0341/235-2511