

# Optimierung des Mitteleinsatzes bei der Sanierung von Fließgewässern unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten <sup>\*)</sup>

Kurzfassung eines Arbeitsberichtes der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe GB-4.4 „Optimierung des Mitteleinsatzes“, dem folgende Mitglieder angehören:

Dipl.-Ing. Detlef R. Albrecht Dr. habil. Dietrich Borchardt	Ruhrverband, Essen (Sprecher der Arbeitsgruppe) Universität-Gh Kassel, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IAG), Kassel (Auftragnehmer)
Dipl.-Ing. Michaela Frey	Universität-Gh Kassel, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IAG), Kassel (Auftragnehmer)
Dr. Stephan von Kreitz	Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden
Dr. Steffen Müller (bis 2000) Dr. Katharina Pinz	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München Bezirksregierung Lüneburg, Lüneburg (Stellvertretende Sprecherin der Arbeitsgruppe)
Dipl.-Geogr. Georg J. A. Schrenk	ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
Dipl.-Biol. Hartmut Vobis	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
Dipl.-Ing. Konrad Weppler	Regierungspräsidium Gießen, Abteilung Staatliches Umweltamt Wetzlar
Dipl.-Ing. Martin Wett	Universität-Gh Kassel, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IAG), Kassel (Auftragnehmer)

## Einführung

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis eines von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) angeregten und geförderten Auftragsvorhabens. Es sollten Hinweise erarbeitet werden, mit deren Hilfe die im Umweltschutz zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen mit optimaler Wirkung, d. h. so effektiv wie eben möglich, eingesetzt werden können.

Bereits vor Jahrzehnten, als der Umweltschutz in unserer Gesellschaft längst nicht den heutigen Stellenwert hatte, und als die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel weit stärker begrenzt waren als dies heute der Fall ist, war es eine schlichte Notwendigkeit, für die Maßnahmenträger aber auch eine Selbstverständlichkeit, die Effizienz geplanter wasserwirtschaftlicher Maßnahmen im Vorfeld stichhaltig darzulegen.

Die Randbedingungen haben sich vor allem durch die Anstrengungen im Gewässerschutz während der letzten 20 Jahre ganz deutlich verändert. Heute geht es um weitergehende Maßnahmen, um andere Stoffgruppen, um andere Konzentrationen und um den „guten chemischen und ökologischen Zustand der Gewässer“, den die EU-Wasserrahmen-Richtlinie zum Ziel hat. Die Forderung und die Notwendigkeit, die im Rahmen des Gesamtbudgets zur Verfügung stehenden Mittel effektiv und optimal zum Nutzen der Gewässer, der Natur und der Menschen einzusetzen, besteht weiterhin, ja dieser Grundsatz ist heute wichtiger denn je, geht es doch um beträchtliche Investitionssummen.

Der vorliegende Bericht stellt einen ersten Schritt dazu dar, den optimalen Mitteleinsatz bei der Sanierung von Fließgewässern zu prognostizieren. Er ist hinsichtlich der entwickelten Methoden zur Evaluierbarkeit der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen fokussiert auf die Begrenzung der

---

<sup>\*)</sup> Anregungen zum nachfolgenden Arbeitsbericht sind erwünscht. Richten Sie diese bitte an die ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

Nährstoffe Stickstoff und Phosphor, auf die Gewässermorphologie und die Makroinvertebraten. Diese thematische Begrenzung war notwendig, um den gesetzten Rahmen nicht zu sprengen und die für das Vorhaben zur Verfügung stehenden „Mittel optimal einzusetzen“.

Allen an diesem Projekt Beteiligten ist bewusst, dass eine Fortschreibung und Weiterentwicklung von Lösungsansätzen zu dieser komplexen Fragestellung notwendig ist. Weitere Untersuchungen sollten sich u.a. ausdehnen auf:

- Erweiterung der Kosten-Wirksamkeits-Untersuchungen auf die Kategorie der „gefährlichen Stoffe“
- Entwicklung und Einrichtung einer Kostendatenbank für Maßnahmen (Verfügungstellung im Internet)
- Sozioökonomische Überlegungen
- Einbeziehung biozönotischer Indikatoren
- Maßstabsfragen (Empfehlung von Flussgebietsgrößen für die Umsetzung von Maßnahmen)
- Relation zwischen Qualitätszielen und Bilanzierungen
- Kostentransparenz und Kostenakzeptanz
- Festlegung der Bezugsebenen einschließlich der Stoffströme und Bilanzierungen
- Erarbeitung von EDV-Informationssystemen zur Unterstützung der Entscheidungen auf lokaler und regionaler Ebene
- In Anbetracht der langen Fristen für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind auch der technologische Wandel und seine Realisierung in die Überlegungen einzubeziehen
- Beurteilung der Kostenwirksamkeit und Prioritäten
- Empfehlungen für die flächendeckende Optimierung des Mitteleinsatzes
- Erarbeitung eines Leitfadens zur systematisierten Bewertung von Kosten-Wirksamkeits-Analysen

Diese Auflistung der noch offenen Fragen ist exemplarisch und damit zwangsläufig unvollständig. Die praktische Anwendung der vorliegenden Ausarbeitung wird zeigen, in welche Richtungen das Instrumentarium auszuweiten und wie groß der weitere Bedarf ist. Die Geschäftsstelle der ATV-DVWK ist für Anregungen dankbar.

## Veranlassung und Zielsetzung

Ein „guter ökologischer Zustand“ und ein „guter chemischer Zustand“ von Oberflächen- und Grundwasser wird durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie zukünftig zum Ziel wasserwirtschaftlichen Handelns. Dieses soll durch eine Flussgebietsbewirtschaftung mit einem kombinierten Ansatz mit Emissions- und Immissionsbetrachtungen unter Berücksichtigung sozioökonomischer Aspekte erreicht werden. Daraus entsteht die Aufgabe, die natürlichen Wasservorräte einerseits für die menschliche Nutzung langfristig nutzbar zu erhalten und sie gleichzeitig in ihrer Funktion und Bedeutung für die Ökosysteme zu sichern. Hierfür sind nutzungsbezogene und ökologisch begründete Ziele zu definieren.

Die heutzutage in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen ökologischen Defizite an Fließgewässern resultieren vielfach nicht mehr nur aus kontinuierlichen Abwassereinleitungen, sondern sind Ergebnis unterschiedlicher anthropogener Einflüsse. Diese beziehen sich zudem nicht mehr nur allein auf die Wasserqualität, sondern in vielen Fällen auch auf die Beschaffenheit von Gewässerbett, Ufer und Einzugsgebiet. Voraussetzung für einen effizienten Einsatz privater und öffentlicher Mittel bei der Sanierung bzw. zur Verbesserung der Gewässerbeschaffenheit im Sinne des § 1a WHG und der EU-Wasserrahmenrichtlinie, ist das Erkennen der maßgebenden Belastungsfaktoren, die Quantifizierung von Wirkungen und die Verknüpfung mit den für eine Sanierung aufzuwendenden finanziellen Mittel.

Zusätzlich ist gerade in Zeiten einer verstärkt zu fordernden Haushaltsdisziplin, die optimierte Mittelbewirtschaftung ein Erfordernis. Dennoch gibt es derzeit, soweit bekannt, noch keine systematische Vorgehensweise, die praxisrelevante Kriterien für einen ökologisch und wirtschaftlich optimierten Gewässerschutz bereitstellt.

Vor diesem Hintergrund wurde das Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IAG) der Universität Gesamthochschule Kassel im Februar 1999 vom Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) - seit der Fusion mit der Abwassertechnischen Vereinigung e. V (ATV): Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK) – mit der Bearbeitung des Forschungsvorhabens "Optimierung des Mitteleinsatzes bei der Sanierung von Fließgewässern unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten" beauftragt. Ziel dieses Vorhabens ist die Erarbeitung eines Methodenvorschlages zur Unterstützung eines entsprechend dem ökologischen Nutzen optimierten Mitteleinsatzes.

## Konkretisierung der Qualitätsziele zur Gewässerbewirtschaftung

### Vorgehensweise

Auf Grundlage der konsensfähigen und praxisrelevanten Verfahren zur ökologischen Gewässerbewertung (LAWA-Bewertungskriterien "Gewässergüte" und "Gewässerstrukturgüte"), von Kriterien für den "guten Zustand" von Gewässern im Sinne der vorliegenden EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRRL), sowie von einschlägigen aus Bundes- und Ländermitteln geförderten Forschungsvorhaben, wurde beispielhaft eine Methode zur Ableitung der Effizienz von Maßnahmen zur Fließgewässersanierung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten erarbeitet und erprobt.

Anhand theoretischer, aber praxisbezogener Beispiele für unterschiedliche Kombinationen der Gewässerbelastung aus punktuellen Einleitungen (Kläranlagenabläufe und Niederschlagswasser-einleitungen), diffusen Quellen und Gewässerstrukturdefiziten, wurden für verschiedene Gewässertypen unter Zugrundelegung definierter Leitbilder, realistische Entwicklungs- und Sanierungsziele abgeleitet und die erforderlichen kostenoptimierten Maßnahmen erarbeitet. An zentraler Stelle stand dabei die Entwicklung einer allgemein verfügbaren Methode zur Ermittlung von Sanierungspotentialen mit dem Ziel der Verminderung ökologischer Defizite und für wissenschaftlich begründete, nachvollziehbare Wirkungsanalysen bzw. -prognosen.

Die Betrachtungen beziehen sich entsprechend den vorhandenen und quantifizierbaren Einflussfaktoren auf die Bereiche:

- Wasserqualität
- Regime/Abfluss/Hydraulik
- Struktur von Gewässerbett und Ufer (Gewässerstrukturgüte)

Die in diesen Bereichen erforderlichen Maßnahmen aus den Bereichen

- Wasserbau
- Gewässerunterhaltung
- Abwasserreinigung
- und Landwirtschaft

wurden beispielhaft untersucht. Für wasserwirtschaftliche Aufwendungen bzw. ökonomische Äquivalente in diesen Bereichen werden für die Beispiele spezifische Kosten sektorieller und integrierter Maßnahmen so ermittelt, dass deren Effizienz quantifiziert werden kann.

## Qualitätsziele

Die ökologisch begründete Gewässersanierung erfordert die Synthese sektorieller Umweltziele und -maßnahmen zu einem „integralen Gewässerschutz“. Dieser bezieht sich auf die Beschaffenheit der Fließgewässer in ihrem Einzugsgebiet mit allen relevanten Belastungen (Wasser, Gewässerbett mit Ufer und Aue einschließlich Landnutzung, Siedlungen mit Kanalisationen und Kläranlagen). Für die Gewässereinzugsgebiete müssen dafür in einer gesamthafter Betrachtung ökologische Defizite und Belastungsfaktoren so identifiziert werden, dass in Planung und Umsetzung problemspezifische Maßnahmen ergriffen werden können. Der Zielsetzung einer „guten ökologischen Qualität“ sind mehrere Indikatoren zuzuordnen. Diese sollten grundsätzlich:

- Leicht messbar, erfassbar und beschreibbar sein und sich einfach ausdrücken lassen und in Beziehung zum praktizierten Umweltmonitoring stehen,
- Rückschlüsse auf die Ursachen ermöglichen; d. h. Ursache-Wirkungs-Beziehungen sollten bekannt sein,
- in ihrer Veränderlichkeit prognostizierbar sein, vorzugsweise mit quantitativen Angaben,
- Bezüglich der gewünschten Aussage robust sein; d. h. geringe Änderungen der Parameter dürfen nicht zu grundlegend anderen Schlussfolgerungen führen.

Einige der heute gebräuchlichen Indikatoren erfüllen diese Anforderungen, andere nicht. Die Festlegung und Interpretation geeigneter Indikatoren ist daher erforderlich. Die Maßnahmen und der Mitteleinsatz zum Schutz der Gewässer müssen bei einer einzugsgebietsbezogenen Bewirtschaftung problemorientiert festgelegt werden. Der Forderung nach ökologischer und technisch-wirtschaftlicher Optimierung kann auf dem heutigen Kenntnisstand und den gesetzlichen Rahmenbedingungen entsprochen werden.

Um für das Erreichen von Qualitätszielen Prioritäten festlegen zu können, sind weiterhin folgende allgemeine Kriterien zu berücksichtigen:

- Nachvollziehbarkeit:  
Die Priorität einer Maßnahme muss nachgewiesen werden können
- Anwendbarkeit:  
Die Prioritätensetzung darf nicht im Widerspruch zu gesetzlichen Vorgaben, dem Ist-Zustand der Gewässer oder dem Stand der Gewässerschutztechnik stehen
- Transparenz:  
Politisch motivierte Entscheidungen müssen als solche ausgewiesen sein und der fachlichen Prioritätensetzung nachgestellt werden
- Vollständigkeit:  
Die Liste der prioritären Maßnahmen muss vollständig sein

## Bewertungsgrundlagen für den ökologischen Zustand von Fließgewässern nach der EU- Wasserrahmenrichtlinie

Die Bewertung des ökologischen Zustandes nach der EU-WRRL erfolgt „leitbildbezogen“ orientiert am potentiell natürlichen Zustand. Dieser wird fünfstufig klassifiziert (sehr gute, gute, relativ befriedigende, unbefriedigende und schlechte ökologische Qualität). Die in der Bundesrepublik nach LAWA-Konvention übliche siebenstufige Klassifizierung kann wie folgt übertragen werden:

Güteklassen nach LAWA	Gütestufen der EU-WRRL
I (unbelastet bis gering belastet)	sehr gut
I-II (gering belastet)	gut
II (mäßig belastet)	
II-III (kritisch belastet)	relativ befriedigend
III (stark verschmutzt)	unbefriedigend
III-IV (sehr stark verschmutzt)	schlecht
IV (übermäßig verschmutzt)	

Die zur Konkretisierung herangezogenen biologischen, hydromorphologischen, chemischen und physikalisch-chemischen Parameter beziehen sich auf:

- **Biologische Parameter**  
Zusammensetzung und Häufigkeit der aquatischen Flora (Makrophyten, Algen), Zusammensetzung und Häufigkeit der aquatischen Fauna (Makroinvertebraten, Fische) (zusätzlich Altersaufbau)
- **Hydromorphologie zur Unterstützung der biologischen Parameter**  
Hydrologisches Regime (Menge und Dynamik des Abflusses; Verbindung zum Grundwasser), Fluss-Kontinuum, Morphologische Elemente (Kontinuum, Tiefen- und Breitenvarianz; Struktur und Substrat des Flussbettes; Struktur der Aue)
- **Chemische und physikalisch-chemische Parameter zur Unterstützung der biologischen Parameter**  
Allgemeine Parameter, Temperatur, Sauerstoffhaushalt, Salzgehalt, pH-Wert, Säurestatus, Nährstoffkonzentration, Gefährliche Stoffe

Der **chemische Zustand** wird anhand von Qualitätsnormen für prioritäre und andere gefährliche Stoffe bewertet. Es werden zwei Qualitätsstufen unterschieden (gut; nicht gut).

### **Bilanzierungsmethoden zur Evaluierung der Wirksamkeit von Gewässersanierungsmaßnahmen anhand hydro-morphologischer und stofflicher Parameter**

Um die Effizienz der für das Erreichen der genannten Zielsetzungen erforderlichen Gewässerschutz- und Sanierungsmaßnahmen abzuschätzen, stehen theoretisch unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Zielführend ist zunächst die nach DVWK (1998) allgemein formulierte Systematik zur Vorgehensweise bei der Bewertung von Maßnahmen zur Verminderung anthropogener Einflüsse auf Fließgewässer (Abbildung 1). Diese Systematik ist Ergebnis einer im Rahmen der Phase I dieses Forschungsvorhaben durchgeführten Literaturrecherche. Sie wurde inhaltlich geändert, durch wesentliche Elemente ergänzt und konkretisiert.

Bei der Konkretisierung dieses Bewertungssystems kommt es darauf an, die ökologischen Defizite nicht nur qualitativ zu beschreiben, sondern durch wissenschaftlich, quantifizierende Prognosen zu ergänzen. Hierzu sind in einer **Bestandsaufnahme** verursacherbezogen der Gewässerzustand und seine anthropogenen Einflüsse im Ist-Zustand aufzuschlüsseln, zu bilanzieren und mit den gewählten Werten zu vergleichen (Defizitanalyse). Zur Bilanzierung der anthropogenen Einflüsse auf die Wasserqualität bzw. den physikalisch-chemischen Zustand können hierbei sowohl prozessorientierte Methoden (z. B. Bilanzierungsmodelle, Gewässergütemodelle) als auch statistische Bilanzierungsmethoden (z. B. Immissionsanalyse nach IKSR) herangezogen werden. Zu den wichtigen Daten für eine praxisorientierte Emissionsschätzung der Punktquellen gehört insbesondere auch der ATV- Leistungsvergleich und die Eigenkontrolle von Kläranlagen (s. Abbildung 2).

Vergleichende Studien haben gezeigt, dass beide Methoden zu ähnlichen Ergebnissen führen können. Ein Rückgriff auf prozessorientierte Modelle ist folglich nicht zwingend notwendig, sondern abhängig von der Datenlage zu entscheiden.

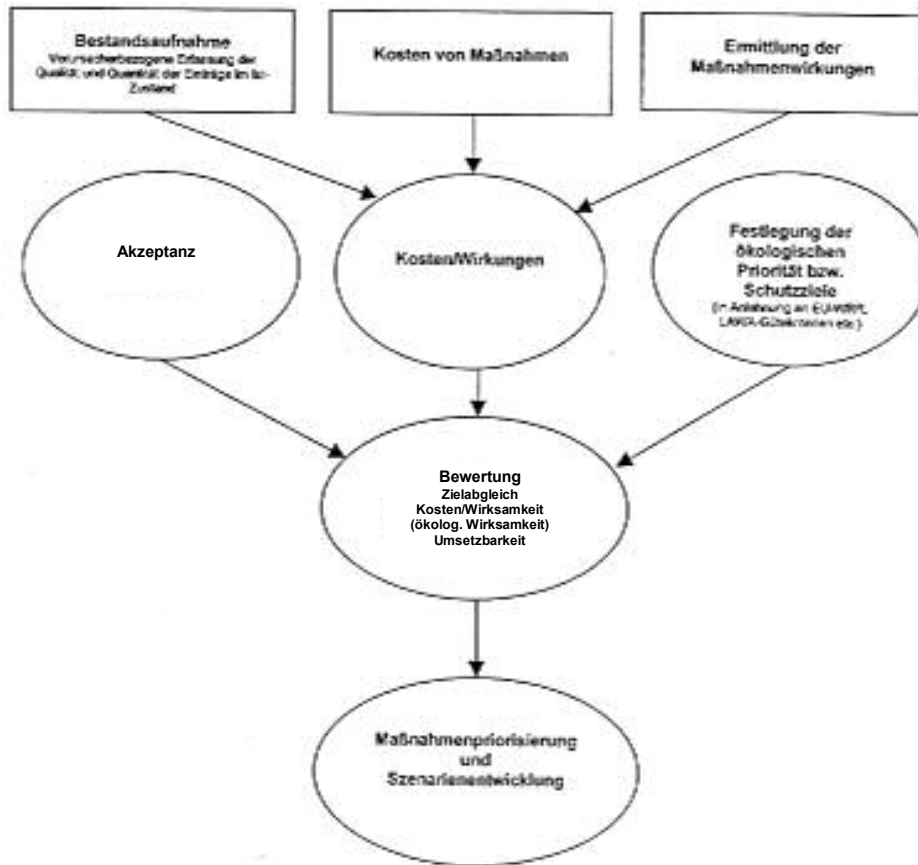


Abb. 1: Systematik zur Priorisierung von Maßnahmen zum Gewässerschutz (DVWK, 1998; geändert und ergänzt)

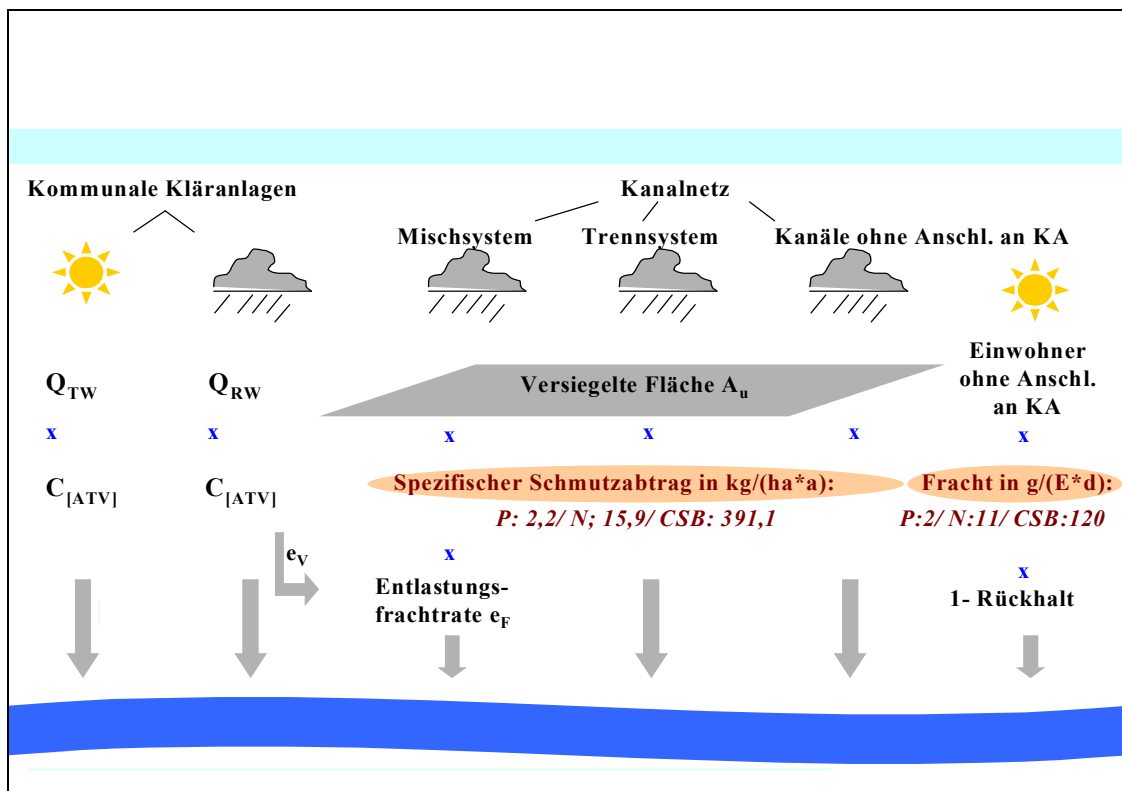


Abb. 2: Eintragspfade aus Siedlungsgebieten (GEFFERS & BORCHARDT, 1999)

Zur **Beurteilung des Ist-Zustandes und von Maßnahmenwirkungen** (Abgleich Ist- und Soll-Zustand) sind auf Grundlage der Kenntnis von Einflussgrößen und von Wirkungszusammenhängen Zielkriterien zu definieren (Parametrisierung). In einem weiteren Schritt sind verursacherbezogen der direkte und indirekte Beitrag der Maßnahmen zur Erreichung eines bestimmten Teilzieles zu bestimmen. Zur Beurteilung der Teilziele können die Verfahren zur ökologischen Gewässerbewertung (LAWA-Bewertungskriterien „Gewässergüte“ und „Gewässerstrukturgüte“), von Kriterien für den „guten Zustand“ von Gewässern im Sinne der EU-WRRL, sowie einschlägige Anforderungen des Bundes- und der Länder herangezogen werden. Ferner können in weitergehenden Betrachtungen die Maßnahmenwirkungen hinsichtlich der Zielkonformität mit den Kriterien der Nachhaltigkeit (UBA, 1999) beurteilt werden.

Um zu einer Aussage der Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen zu kommen, sind in einem nächsten Schritt die zur Umsetzung der Maßnahmen aufzuwendenden **Kosten** zu ermitteln. Dies kann anhand in der Literatur zu findender spezifischer Kostenangaben (z. B. UBA, 1999; ATV, 1995) oder anhand detaillierter Kostenberechnungen auf Einheitspreisbasis (z. B. Bau- und Maschinenteknik, ATV, 1995) ermittelt werden. Die Jahreskosten (Kapitaldienst) der einzelnen Maßnahmen können dann unter Berücksichtigung der Betriebskosten nach der Annuitätenmethode bestimmt werden.

Um nicht nur zu einer Aussage über die Leistungsfähigkeit der Maßnahmen (Nutzen bzw. Wirksamkeit) oder der monetären Vorteilhaftigkeit im Rahmen eines Kostenvergleiches zu kommen, sondern auch die **Effizienz** (Wirksamkeit bei eingesetztem monetärem Aufwand) zu beurteilen, muss in Anlehnung an **Verfahren der analytischen Projektbewertung** die Effizienz z. B. durch den Quotienten aus Nutzen zu Kosten ausgedrückt werden. Diesem Ansatz folgt der in Phase II dieses Forschungsprojektes erarbeitete Methodenvorschlag, der in dieser Form bisher nicht zur Diskussion gestellt wurde.

Wesentliche Elemente dieses Methodenvorschlages sind, dass ein normierter Vergleich der Maßnahmeneffizienz durch Ermittlung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses im Rahmen der Durchführung einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse möglich wird.

Durch Synthese der drei **Priorisierungskriterien**

- **Handlungsbedarf,**
- **Zielerreichungsgrad**
- **Nutzen-Kosten-Verhältnis**

kann eine relative Priorisierung der Maßnahmen unter Effizienzgesichtspunkten durchgeführt werden. Es gilt: ***Je höher der Handlungsbedarf, der Zielerreichungsgrad und das Nutzen-Kosten-Verhältnis, umso prioritärer ist eine Maßnahme umzusetzen.***

Durch Angabe der pro Maßnahmenumsetzung bereitzustellenden Kosten ist durch Abgleich mit dem vorhandenen Kostenbudget die Realisierbarkeit absteckbar.

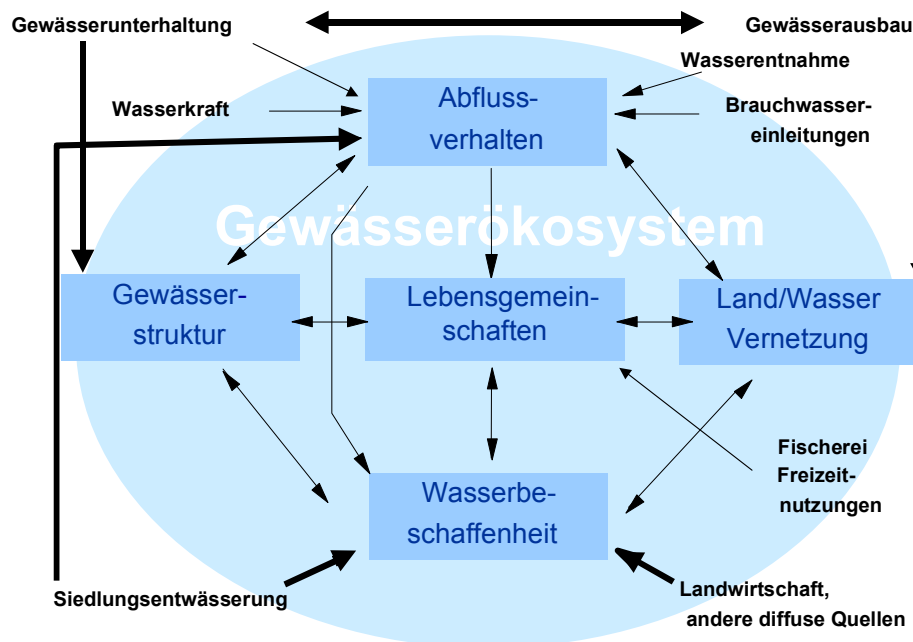
Unter dem Instrumentarium der analytischen Projektbewertung ist eine Vorgehensweise zu verstehen, die eine Ermittlung quantitativer Wertaussagen über die Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Maßnahmen zum Ziel hat. Dabei verlangt die analytische Projektbewertung mehr als eine Definition des Projektzweckes und eventueller Ausführungsdetails. Zu nennen sind möglichst alle projektspezifischen Wirkungen im Vergleich zum Zustand ohne Umsetzung einer Maßnahme. Um zu einer Aussage über die relativ beste Lösung eines wasserwirtschaftlichen Problems zu kommen, sind darüber hinaus alle theoretisch in Frage kommenden Maßnahmen in den Entscheidungsprozess einzubeziehen. Der in diesem Forschungsprojekt erarbeitete Methodenvorschlag beschränkt sich jedoch auf einen vordefinierten Handlungsrahmen sowohl hinsichtlich der Anzahl der erfassten projektspezifischen Wirkungen, als auch bezüglich des Umfangs der untersuchten Maßnah-

men. Dies betrifft ebenso das Erfassen und Bewerten synergetischer Wirkungen von Maßnahmen, die aufgrund der Komplexität und z. T. nicht geklärten Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen vernachlässigt werden müssen.

Der Begriff der analytischen Projektbewertung als eine Form der Wirtschaftlichkeitsberechnung ist derzeit noch nicht allgemein gültig definiert, obwohl die Forderung nach Nutzen-Kosten-Untersuchungen seit fast 30 Jahren im §7 der Bundeshaushaltsordnung verankert ist. Für die Wasserwirtschaft wurde bereits 1981 durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in der Schrift „Grundzüge der Nutzen-Kosten-Untersuchungen“ dieser Begriff erläutert und abgegrenzt (LAWA, 1981).

Demnach gehören Kostenvergleich, Kosten-Nutzen-Analyse, Nutzwertanalyse, Kostenwirksamkeitsanalyse und offene Bewertungsverfahren (insb. Vier-Konten-System) zu den Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung und in die Gruppen der monetären, nicht-monetären und gemischt monetär-nichtmonetären Bewertungsverfahren.

Maßnahmen zur Reduktion ökologisch relevanter Belastungen zielen direkt auf die Gewässermorphologie, das hydrologische Regime sowie stoffliche und hydraulische Parameter ab. Die wichtigsten Einflüsse durch menschliche Nutzungen resultieren aus der Siedlungsentwässerung, dem Gewässerausbau, der Gewässerunterhaltung, der Landwirtschaft sowie aus Fischerei und Freizeitnutzung. Sie wirken sich auf unterschiedliche Weise auf die verschiedenen Kompartimente von Fließgewässerökosystemen aus (s. Abbildung 3). Bei der Bewirtschaftungsplanung nach ganzheitlichem Ansatz werden die Fließgewässer in ihrem Einzugsgebiet mit allen ihren Bestandteilen - dem Wasserkörper, dem Gewässerbett, den Ufern und der Aue - als Einheit betrachtet. In Abhängigkeit der maßgeblichen natürlichen und anthropogenen Einflussfaktoren kann die Gewässerbeschaffenheit bzw. -güte erfasst und beurteilt werden.



**Abb. 3: Kompartimente in Fließgewässerökosystemen - Wechselwirkungen und anthropogene Einflüsse**

Die fett dargestellten Pfeile beziehen sich auf die in diesem Vorhaben bearbeiteten Wechselbeziehungen.



Der relative Effekt von Gewässersanierungsmaßnahmen ist eng mit Systemgrenzen innerhalb eines Flussgebietes verknüpft. Eine der Voraussetzungen für kostenwirksame Gewässerschutzmaßnahmen in Flussgebieten ist daher eine differenzierte Betrachtung der Teilsysteme.

### **Verfahren der analytischen Projektbewertung**

Die analytische Projektbewertung verlangt zunächst die gründliche Auseinandersetzung mit der Planung und eine fachliche Fundierung (DVWK 1991). Dabei kann das Attribut „analytisch“ einer Projektbewertung erst dann zugestanden werden, wenn der Weg von der Sammlung und Aufbereitung aller verfügbaren Informationen über deren systematisch-vergleichende Analyse, bis hin zur Bewertung, transparent und nachvollziehbar dargestellt wird. Hierbei ist auf eine inhaltlich enge Verzahnung der Projektbewertung und Projektplanung einerseits und den Entscheidungsträgern, Auftraggebern und evtl. der interessierten Öffentlichkeit andererseits in Form eines rückgekoppelten Prozesses zu achten. Dies dient dem Zweck festzustellen, inwieweit die ermittelte Lösung die Zielvorstellungen aller Beteiligten und Betroffenen erfüllt und inwieweit bereits eine akzeptable Lösung gefunden worden ist. Die konzeptionelle Grundvorstellung der analytischen Projektbewertung baut insofern auf der Vorstellung integrierter Planungs- und Bewertungsverfahren auf und ist mit den Forderungen der EU-WRRL kompatibel.

Nach LAWA (1981) sind folgende Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung unter dem Begriff „Nutzen-Kosten-Untersuchungen“ bzw. der „analytischen Projektbewertung“ zu verstehen:

#### **I. Kostenvergleich** (Erweiterter Kostenvergleich)

Eine Kostenvergleichsrechnung dient dazu bei einer unterstellten Nutzengleichheit, die kostengünstigste Lösung aus einer Anzahl vorgegebener Maßnahmen zu finden (LAWA, 1994).

#### **II. Kosten-Nutzen-Analyse** (Erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse)

In einer Kosten-Nutzen-Analyse werden sämtliche Auswirkungen des Projektes erfasst, es werden alle gesamtwirtschaftlichen Kosten und Nutzen monetär bewertet (SELLNOW, 1974).

#### **III. Nutzwertanalyse** (Mehrkriterienverfahren MCDM)

Bei der Nutzwertanalyse handelt es sich um ein nichtmonetäres Bewertungsverfahren, bei dem die zur Wahl stehenden Maßnahmen bezüglich mehrerer Bewertungsmaßstäbe zu bewerten sind (Teilwirksamkeiten). Durch Angabe der Gesamtwirksamkeit (Nutzwert) werden die Maßnahmen nach ihrer Vorteilhaftigkeit sortiert (HANUSCH, 1994).

#### **IV. Kostenwirksamkeitsanalyse** (Kosten-Nutzwert-Analyse)

Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse erfasst den Nutzen von Maßnahmen und bewertet diese mit der Methode der Nutzwertanalyse. Die Kosten werden dagegen wie bei der Kosten-Nutzen-Analyse möglichst monetär bewertet (LAWA 1981).

#### **V. Kombination der Verfahren I. - IV. und offene Bewertungsverfahren**

(4 Kontensystem)

Um zu einem späteren Punkt nicht nur zu einer Aussage der Wirksamkeit (Nutzen) von Maßnahmen zu kommen, sondern auch etwas über das Kosten-Nutzen-Verhältnis der einzelnen Maßnahmen aussagen zu können, ist in diesem Forschungsvorhaben ein Kosten-Nutzwert-Verfahren zur Entscheidungsfindung erprobt worden. Hierbei wird die physische Wirkung (Nutzen) mit der Methodik der Nutzwertanalyse bewertet. Hierzu stehen eine Vielzahl von Nutzwertanalytischen Verfahren (Mehrkriterienverfahren = MCDM = Multi Criteria Decision Making) zur Auswahl.

Diese können zwei Verfahrensgruppen zugeordnet werden:

#### **MADM Verfahren (Multi-Attribute Decision Making)**

Dieses Verfahren dient der Vorbereitung einer Auswahlentscheidung zwischen einer eng begrenzten Anzahl von Maßnahmen durch Vergleich anhand der Zielerfüllung (DVWK 1989).

### **MODM Verfahren (Multi-Objective Decision Making)**

Aufgabe ist hierbei, anhand multipler Zielvorstellungen und anderer relevanter Informationen durch Anwendung von Optimierungs- bzw. Kompromissüberlegungen Lösungsalternativen zu konkretisieren und die beste Handlungsalternative herauszufinden.

Nach den gegebenen Definitionen kommen Verfahren, die der Rubrik MODM-Verfahren zuzuordnen sind nicht in Betracht, da hier angenommen wird, dass Lösungsalternativen (Maßnahmen) noch zu konkretisieren sind. Somit steht in den MADM-Verfahren die Generierung eines Lösungsraums im Vordergrund.

Die MADM-Verfahren, bei denen die Auswahl der jeweils besten Lösung durch Herstellung einer Rangreihung anhand eines vorgegebenen Lösungsraumes und kardinal, ordinal und nominal skalierten Wirkungen im Vordergrund steht, scheinen für die hier zu lösende Problemstellung am besten geeignet. Da außerdem eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung stehen und nach DVWK (1989) die Verfahren in der Literatur äußerst selten systematisch beschrieben sind, können die spezifischen Verfahrensmerkmale ohne intensive Beschäftigung mit den Einzelfällen nur schwer nachvollzogen werden und Folgerungen hinsichtlich der Lösung sind fast nur Experten möglich. Somit wird auf das bewährte und einfachere Verfahren der Nutzwertanalyse I zurückgegriffen. Die hierbei geforderte Unabhängigkeit der Zielkriterien [d.h. dass der Nutzen hinsichtlich eines Zieles nicht von den Zielerträgen anderer Ziele beeinflusst wird (DVWK 1999)] ist zwar streng genommen nicht gegeben, wird jedoch wegen ihrer geringen Bedeutung für die Ergebnisse vernachlässigt. Sie kann in der Nutzwertanalyse II, die nicht den MADM-Verfahren zuzuordnen ist, ihre Berücksichtigung finden. Hierbei tritt jedoch das in diesem Projekt nicht zu lösende Problem auf, den durch mögliche Nutzenabhängigkeiten ausufernden Bewertungsrahmen sinnvoll abzustecken und dann zu einer notwendigen Angabe der zwischen den Kriterien bestehenden Wertebeziehungen zu kommen. Der Darstellung des zur Anwendung kommenden Verfahrens der Nutzwertanalyse I dienen die folgenden Kapitel.

### **Systematik der neu entwickelten Methode zur Optimierung des Mitteleinsatzes im Fließgewässerschutz**

In der nachfolgend vorgestellten Methodik der analytischen Projektbewertung werden dimensionslose Nutzwerte den in Geldeinheiten bewerteten Kosten gegenübergestellt. Aus diesem Grund lehnt sich das hier angewandte Verfahren an die Vorgehensweise einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse (cost-effectiveness analysis) an. Nach LAWA (1981) wird die Kosten-Wirksamkeitsanalyse folgendermaßen definiert:

„Wie die Nutzwertanalyse begnügt sich die Kostenwirksamkeitsanalyse mit einer physischen Erfassung der Nutzen und bewertet diese mit der Verfahrenstechnik der Nutzwertanalyse. Die Kosten werden dagegen wie bei der Kosten-Nutzwert-Analyse soweit möglich monetär bewertet, wobei nicht in Geld ausdrückbare Kosten als negative Nutzen aufzunehmen sind. Damit stellt dieses Verfahren eine Kombination dar, was in der Bezeichnung Kosten-Nutzwert-Analyse zum Ausdruck kommt.“

Die neu entwickelte Methode zur Entscheidungsfindung bei der Wahl von Gewässersanierungsmaßnahmen unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten basiert im wesentlichen auf Arbeitsschritten einer Nutzwertanalyse I. Sie folgt der Logik eines "kombinierten Ansatzes", unter dem hier die Kombination von Emissions- und Immissionsansätzen verstanden wird (s. Abbildung 4). Die wichtigsten Elemente der bei diesem Methodenvorschlag zur Anwendung kommenden Kosten-Wirksamkeits-Untersuchung sind in Abbildung 5 dargestellt.

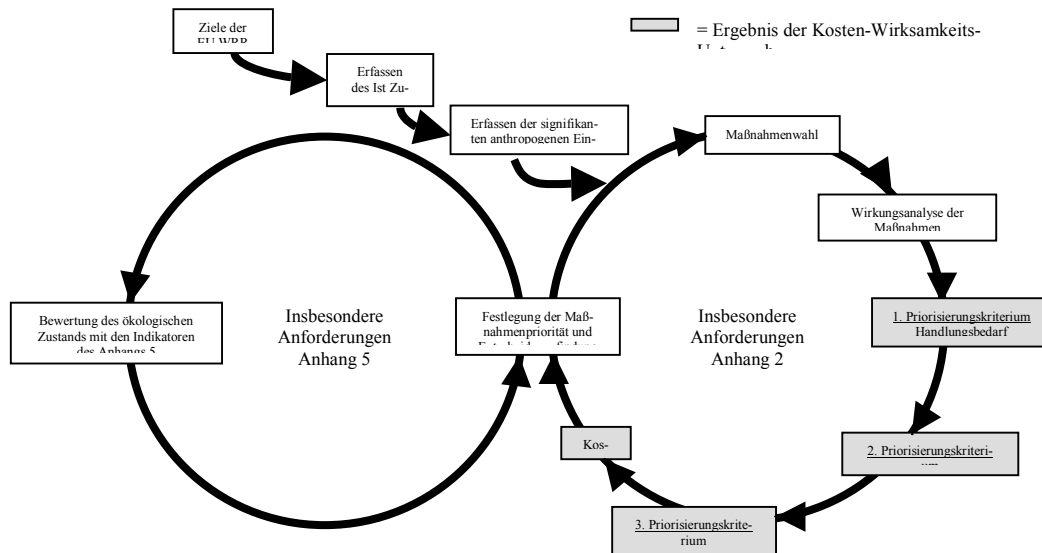


Abb. 4: Vorschlag einer Verfahrensweise zur systematischen und effizienten Priorisierung und Wahl von Sanierungsmaßnahmen nach dem kombinierten Ansatz

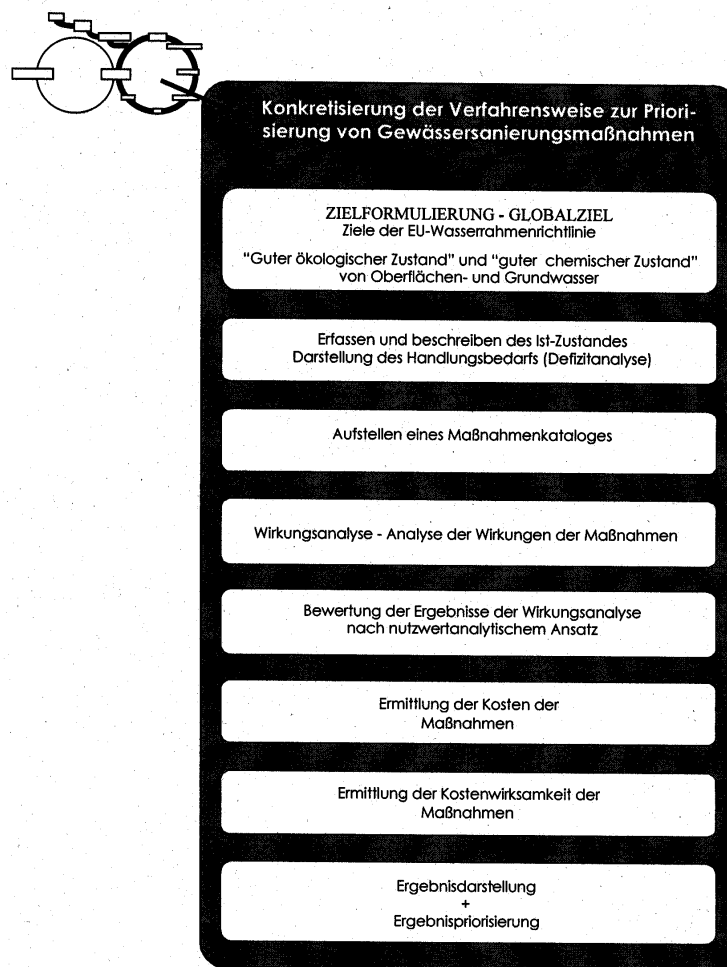


Abb. 5: Konkretisierung der Verfahrensweise zur Priorisierung von Gewässersanierungsmaßnahmen innerhalb des Flussgebietsmanagements

## Methodenanwendung an Beispielen

Die sechs untersuchten Fallbeispiele sind aus einer Gesamtheit aller denkbaren Kombinationen von Gewässerbelastungen aus punktuellen und diffusen Quellen sowie Strukturdefiziten ausgewählt worden. Sie decken ein sinnvolles Spektrum von in der Bundesrepublik Deutschland zu erwartenden Gewässerbelastungen ab.

Da in der Realität keine Referenzgewässer gleichen Typs und gleich ausgeprägter Kombination von Gewässerbelastung vorzufinden waren wurden teilsynthetische, eng an reale Flusseinzugsgebiete angelehnte Beispiele generiert. Datengrundlage bilden die nach BEHRENDT et al. (1999) erstellten Nährstoffbilanzen der Flussgebiete Deutschlands. Bis auf zwei Einzugsgebiete sind die Untersuchung zur Gewässerstrukturgüte auf Basis der in Deutschland vorzufindenden üblichen Häufigkeitsverteilung der Gewässerstrukturgüte vorgenommen worden.

## Zusammenfassung und Ausblick

Um die von der EU-WRRL geforderten Ziele einer „guten ökologischen Qualität“ der Oberflächengewässer und einer „Nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen“ zu erreichen, bedarf es, über die einfache Gewässerbewertung hinaus, der systematischen Wahl kosteneffizienter Maßnahmen. Hierfür werden eine Differenzierung der anthropogenen Belastung und Indikatoren des "ökologischen Zustandes" notwendig. Wie die Ergebnisse zeigen, sind für die Ableitung der Priorität möglicher Maßnahmen nutzwertanalytische Verfahren geeignet. Deutlich wird auch, dass für wichtige Handlungsfelder des Gewässerschutzes durch Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen eine ökologische Effektivität und Kostenwirksamkeit von Maßnahmen beurteilt werden kann.

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens können in folgenden 5 Punkten zusammengefasst werden:

1. Durch die **EU-Wasserrahmenrichtlinie** werden ein "guter ökologischer Zustand" und "guter chemischer Zustand" von Oberflächengewässern zur Zielsetzung wasserwirtschaftlichen Handelns. Die derzeit in Deutschland vorhandenen ökologischen Defizite sind Ergebnis unterschiedlicher anthropogener Einflüsse (insbesondere Wasserbau, Gewässerunterhaltung, diffuse und punktuelle Stoffeinträge). Ein effizienter Einsatz öffentlicher Mittel bei der Sanierung von Fließgewässern im Sinne der EU-WRRL ist nur mit einer systematischen Methode möglich. Wesentliche Schritte sind: Erkennen der maßgebenden bzw. ökologisch signifikanten Belastungsfaktoren, die Quantifizierung von Wirkungen und die Verknüpfung mit den Sanierungskosten. Dafür wurde im diesem Vorhaben ein Methodenvorschlag erarbeitet.
2. Die Systematik und Abfolge der Arbeitsschritte sollte für Anhang II und V der EU-WRRL getrennt werden. Im einzelnen sind erforderlich:
  - Die **verursacherbezogene Bestandsaufnahme** der Einflüsse auf das Gewässer im Ist-Zustand, nach einem kombinierten Ansatz (Emissions- und Immissionsseitig) durch Anwendung sowohl prozessorientierter als auch statistischer Methoden.
  - **Beurteilung des Ist-Zustandes und der Maßnahmenwirkungen.** Hierzu sind auf Grundlage von Einflussgrößen und Wirkungszusammenhängen biotische und abiotische Zielkriterien (Indikatoren) zu definieren. Anhand dieser Indikatoren, (z. B. LAWA-Bewertungskriterien für Gewässergüte und Strukturgüte, den Kriterien für den "guten Zustand" von Gewässern nach Anhang V EU-WRRL) sowie weiterer Zielsetzungen ist der direkte und indirekte Beitrag von Gewässersanierungsmaßnahmen zur Erreichung eines bestimmten Teilzieles zu beurteilen.

- Beurteilung der **Effizienz von Gewässersanierungsmaßnahmen** durch Anwendung einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Das Verfahren der analytischen Projektbewertung ermöglicht einen normierten Vergleich der Maßnahmeneffizienz anhand des Verhältnisses von Nutzen zu Kosten.
- Den Kern der vorgeschlagenen Methode bilden die Priorisierungskriterien "Handlungsbedarf", "Zielerreichungsgrad" und "Nutzen-Kosten-Verhältnis". Mit einer Verbindung der Kriterien wird eine **Maßnahmenpriorisierung** vorgenommen, die im Rahmen einer Immissionsanalyse mit den Indikatoren des ökologischen Zustandes verglichen werden kann. Die Integration dieser Vorgehensweise ist ebenso ein neues, wesentliches Element dieses Methodenvorschlages.

Durch einen sich anschließenden rückgekoppelten Prozess können Maßnahmen bei Bedarf modifiziert, die prognostizierte Wirksamkeit überprüft und eine iterative Konformität mit den Zielen der EU-WRRL erreicht werden. Durch Vergleich der für eine Maßnahme einzusetzenden Kosten (absolute Investitionskosten) mit einem realen oder fiktiven monetären Budget können Handlungsspielräume quantifiziert werden.

3. Bei der Anwendung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse sind folgende Randbedingungen festzulegen:

Für die Zielkriterien werden **gewählte Werte** auf Grundlage konsensfähiger Definitionen für die relevanten Verursacherbereiche festgelegt (z. B. "gute fachliche Praxis" bzw. "Stand der Technik") und im Vergleich zum Ist-Zustand für verschiedene Maßnahmen überprüft.

Um eine Vergleichbarkeit der mit unterschiedlichen Dimensionen behafteten Maßnahmenwirksamkeiten (Zielerträge) herstellen zu können, werden diese mittels **Transformationsfunktionen** in dimensionslose Punktwerte (Zielwerte) transferiert. Durch die Berücksichtigung von **Gewichtungsfaktoren**, die eine wissenschaftlich oder verbal begründbare Wertigkeit bzw. ökologische Bedeutung der Zielkriterien untereinander ausdrücken, werden die aufsummierten Teilnutzwerte des Verursacherbereichs gewichtet und festgelegt.

4. Folgende Schlussfolgerungen können aus den anhand von repräsentativen Beispielen gewonnenen Erfahrungen und Ergebnissen der Modellanwendung für die praktische Umsetzung von Flussgebietsmanagementplänen gezogen werden:

- Der Forderung der EU-WRRL nach Maßnahmenpriorisierung bei der Aufstellung von Flussgebietsmanagementplänen kann durch Anwendung einer Kosten-Wirksamkeitsuntersuchung Rechnung getragen werden.
- Die beispielhaft herangezogenen Zielkriterien zur Bilanzierung des Ist-Zustandes als auch der Maßnahmenwirksamkeiten gilt es zukünftig in Anlehnung an die Anhänge der EU-WRRL durch weitere robuste, leicht mess-, erfass- und beschreibbare und in ihrer Veränderlichkeit prognostizierbare Indikatoren zu ergänzen.
- Eine Ausweitung der Zielkriterienanzahl bedeutet jedoch eine zunehmende Komplexität der Entscheidungsfindung bei der Wahl von Maßnahmen. Erst die Integration einer Kosten-Wirksamkeitsanalyse erlaubt die Umskalierung der in unterschiedlichen Dimensionen bilanzierten Zielerträge. Ein normierter Vergleich der Effizienz der vorgeschlagenen Maßnahmen und eine Reduktion der Komplexität der Entscheidungsfindung wird durch Integration der Kosten-Wirksamkeitsanalyse objektiviert.
- Die in diesem Forschungsvorhaben für die Kosten-Wirksamkeitsanalysen erarbeiteten Transformationsfunktionen und Gewichtungsfaktoren sollten wegen ihrer Sensitivität grundsätzlich übernommen werden. Eine nachvollziehbare, wissenschaftlich begründete Weiterentwicklung ist zukünftig anzustreben.

- Bei der Berechnung der Kosten von Sanierungsmaßnahmen sind Kostenkalkulationen auf Grundlage der Preisstrukturen in den jeweiligen Flussgebieten den in der Literatur oftmals mit großen Spannweiten angegebenen allgemeinen Kostenfunktionen vorzuziehen.
5. Die Übertragbarkeit der Methode in andere Zielsysteme (z. B. Indikatoren der "Nachhaltigkeit") ist prinzipiell gegeben.

## Literatur

- ATV (1995):** Betriebstechnik, Kosten und Rechtsgrundlagen der Abwasserreinigung. 4. Auflage, Berlin
- BEHRENDT, H. et al. (1999):** Nährstoffeinträge und -rückhalte in den Flussgebieten Deutschlands. In: Fuchs, St. und H. H. Hahn: Schadstoffe im Regenabfluss IV. Schriftenreihe des ISWW Karlsruhe 96
- DVWK (1989):** Nutzwertanalytische Ansätze zur Planungsunterstützung und Projektbewertung. Heft 19, Beitrag des DVWK-Fachausschusses „Projektplanungs- und Bewertungsverfahren“, Bonn
- DVWK (1991):** Pilotstudie zur Anwendung nutzwertanalytischer Verfahren. Beitrag des DVWK-Fachausschusses „Projektplanungs- und Bewertungsverfahren“, Bearbeitet durch Walter Pflügner, Heft 22, Bonn
- DVWK (1998):** Einträge aus diffusen Quellen in die Fließgewässer. DVWK-Materialien 5
- DVWK (1999):** Integrierte Bewertung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen. DVWK-Materialien 1/1999, Bonn
- GEFFERS, K. u. BORCHARDT, D. (1999):** Verursacherbezogene Nährstoffbilanzen für die Lahn: Ein Methodenvergleich unterschiedlicher Bilanzansätze. In: Fehr, G. (Hrsg.): Nährstoffbilanzen in Flussgebieten. Vieweg-Verlag
- HANUSCH, H. (1994):** Nutzen-Kosten-Analyse, WiSo Kurzlehrbücher, 2. Auflage, München
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1981):** Grundzüge der Nutzen-Kosten-Untersuchungen. Ausgearbeitet von der LAWA-Arbeitsgruppe Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, Bremen
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1994):** Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, Ausgearbeitet vom LAWA-Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, München
- SELLNOW, R. (1974):** Kosten-Nutzen-Analyse und Stadtentwicklungsplanung, Schriften des deutschen Institutes für Urbanistik, Band 43, Stuttgart
- (UBA) UMWELTBUNDESAMT (1999):** Maßnahmenplan Nachhaltige Wasserwirtschaft. Handlungsschwerpunkte für einen zukunftsorientierten Umgang mit Wasser in Deutschland. Umweltbundesamt Texte 25/99

## Autor

Dipl.-Geogr. Georg Schrenk  
 Abteilungsleiter Wasserwirtschaft, Abfall und Boden  
 ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V

Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

Die Langfassung dieses Arbeitsberichtes kann bezogen werden bei GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef, Tel. 02242/872-120, Fax 02242/872-100, E-Mail: [vertrieb@gfa-verlag.de](mailto:vertrieb@gfa-verlag.de), Internet: [www.gfa-verlag.de](http://www.gfa-verlag.de)

*Optimierung des Mitteleinsatzes zur Sanierung von Fließgewässern unter ökologischen und ökonomischen Bedingungen - Methoden zur Evaluierung der Kostenwirksamkeit von Maßnahmen*, September 2001, 102 Seiten, 18 Abbildungen, 19 Tabellen, 1 CD-ROM, ISBN 3-935669-45-3, Ladenpreis € 35,00