

TEXTE

26/2015

# Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe



TEXTE 26/2015

Umweltforschungsplan des  
Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3711 26 202  
UBA-FB 02088

## **Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe**

von

Prof. Dr. rer. pol. Erik Gawel  
Prof. Dr. iur. Wolfgang Köck  
Harry Schindler, M.A.  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ -, Leipzig

Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer  
Dipl.-Ing. Sabine Lautenschläger

Unter Mitarbeit von  
Jacqueline Schimpke, B.SC.  
Stephan Seim, B.SC.  
Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM), Universität  
Leipzig

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

# Impressum

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

**Durchführung der Studie:**

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung –UFZ–  
Permoserstr. 15  
04318 Leipzig

**Abschlussdatum:**

Februar 2015

**Redaktion:**

Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden  
Dr. Jörg Rechenberg

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/mikroverunreinigungen-abwasserabgabe>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2015

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3711 26 202 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.



## Kurzbeschreibung

Die Studie geht der Frage nach, welchen Beitrag die bundesdeutsche Abwasserabgabe im Rahmen einer gezielten Minderung der Gewässerbelastung durch Mikroverunreinigungen (MV) im Wege einer Aufrüstung ausgewählter öffentlicher Abwasserbehandlungsanlagen der Größenklasse 5 leisten kann. Die Studie zeigt, dass eine aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe gespeiste Förderpolitik mit Selbstbehalt unter Berücksichtigung eines abgabebezogenen Selbstfinanzierungseffektes der MV-Elimination die beste instrumentelle Kosten-Nutzen-Relation aufweist. Es wird vorgeschlagen, 75 % der jährlichen Investitionskosten (Abschreibungen, Zinsen) für einen Zeitraum von 15 Jahren bei GK-5-Kläranlagen zu bezuschussen. Diese Förderung wäre zu flankieren durch eine Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe mit Aufkommenserhöhung, um andere Finanzierungszwecke aus dem Aufkommen und den eigentlichen Lenkungszweck der Abgabe nicht zu gefährden. Die Abwasserabgabe würde so insgesamt lenkungspolitisch ertüchtigt und erbrächte dadurch ein höheres Aufkommen, das für eine Förderung eingesetzt werden kann („Leipziger Modell“). Die Belastungswirkungen des Modells für Abgabeschuldner und Gebührenzahler werden beziffert und als verhältnismäßig bewertet. Für die Funktionalität der Abwasserabgabe ist die Verzahnung mit ordnungsrechtlichen Anforderungen an eine MV-Elimination essenziell. Diese könnten emissionsorientiert flächendeckend nach dem Stand der Technik in der Abwasserverordnung niedergelegt oder aber bewirtschaftungsorientiert gemäß Wasserrahmenrichtlinie je nach Gewässersituation formuliert werden.

## Abstract

This study examines what contribution the German Federal Waste Water Charge can make to a targeted reduction of the contamination of surface waters by micropollutants (MPs) through the upgrading of selected class 5 public waste water treatment plants with quarternary treatment. The study shows that a support policy with deductibles financed through revenues from the waste water charge – taking into account the charge-based self-financing effect of MP elimination – demonstrates the best instrumental cost-benefit ratio. The authors propose subsidising 75 % percent of the annual investment costs (amortisation, interest) for class 5 waste water plants for a period of 15 years. The subsidy would need to be flanked by a strengthening of the steering function of the waste water charge with an increase in revenue to avoid putting the other funding targets of the revenue and the actual steering purpose of the charge in jeopardy. In that way the overall steering function of the waste water charge would be strengthened, thus yielding higher revenues which could be used to fund a support scheme for quarternary treatment (the “Leipzig Model”). The burden effects of the model for both waste water charge payers (direct dischargers) and waste water fee payers (indirect dischargers) are estimated and evaluated as proportional. The functionality of the waste water charge within the Leipzig Model framework is crucially dependent on its interlinking with regulatory requirements for the elimination of MPs. These could be laid down in the Waste Water Ordinance as uniform, technology-based emissions standards or they could be formulated as ambient requirements under the Water Framework Directive’s programmes of measures according to local water status.

## Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung .....	2
Abstract.....	2
Inhaltsverzeichnis .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	5
Tabellenverzeichnis .....	6
Abkürzungen .....	7
Kurzfassung.....	9
1. Handlungsbedarf bei Mikroverunreinigungen und Zielsetzung des Berichts.....	13
2. Die Rolle zentraler Kläranlagen im Handlungsfeld „Mikroverunreinigungen“ .....	18
3. Technische Optionen .....	24
3.1 Verfahren zur Entfernung von Mikroverunreinigungen und deren Überwachung .....	24
3.1.1 Charakterisierung anthropogener Mikroverunreinigungen .....	24
3.1.2 Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen.....	25
3.1.3 Überwachung der Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen.....	38
3.2 Kosten der Eliminierung von Mikroverunreinigungen .....	40
3.2.1 Investitionskosten.....	41
3.2.2 Betriebskosten.....	45
3.2.3 Jahreskosten .....	50
3.2.4 Kostenrelevanz örtlicher Rahmenbedingungen an einem ausgewählten Beispiel.....	52
3.3 Eliminationsleistung und Selbstfinanzierung im Rahmen des AbwAG de lege lata und de lege ferenda .....	54
3.3.1 Eliminationsleistung Mikroverunreinigungen .....	54
3.3.2 Zusätzliche Eliminationsleistung (CSB, $P_{ges}$ ) .....	58
3.3.3 Zwischenfazit.....	60
4. Ordnungsrechtliche Optionen.....	61
4.1 Grundlagen des Abwasserrechts.....	62
4.2 Ordnungsrechtliche Optionen für die Bewältigung von Mikroverunreinigungen.....	64
4.2.1 Identifizierung von Abwasserherkunftsbereichen und Indirekteinleitungen.....	64
4.2.2 Mikroverunreinigungen und Stand der Technik.....	65
4.2.3 Die Festlegung konkreter Anforderungen auf der Basis des Standes der Technik .....	66
4.2.4 Rechtliche Anforderungen an die Überwachung konkreter Festlegungen .....	68

4.3	Finanzverfassungsrechtliche Fragen .....	69
4.3.1	Anforderungen an die Bemessung der Abwasserabgabe.....	69
4.3.2	Zweckbindung und Verteilung des Abgabeaufkommens .....	71
4.4	Zusammenfassung .....	71
5.	Erfahrungen mit Finanzierungsmodellen im Ausland sowie Fondsmodellen im Inland und deren Übertragbarkeit .....	74
5.1	Entwicklungen im Ausland .....	74
5.2	Das Schweizer Modell.....	75
5.3	Fondslösungen.....	77
5.4	Schlussfolgerungen für ein Finanzierungsmodell in Deutschland .....	79
6.	Beiträge der Abwasserabgabe .....	81
6.1	Konzeptionelle Integration der Abwasserabgabe: Ziele, Kriterien und Grundkonzepte.....	81
6.1.1	Ziele der Heranziehung der Abwasserabgabe .....	81
6.1.2	Anforderungskriterien für eine Heranziehung der Abwasserabgabe .....	82
6.1.3	Konzeptionelle Grundüberlegungen .....	83
6.1.4	Optionen und ihre konzeptionelle Bewertung .....	86
6.2	Die Elemente der Abwasserabgabe als Flankierungsinstrumente .....	87
6.2.1	Einbezug eines Abgabe-Parameters für Mikroverunreinigungen.....	87
6.2.2	Abgabesatzermäßigung .....	89
6.2.3	Verrechnungslösung .....	89
6.2.4	Aufkommensverwendung .....	90
6.2.5	Zwischenfazit .....	93
6.3	Selbstfinanzierungseffekt.....	94
6.3.1	Reduzierung der Abwasserabgabe durch zusätzliche Eliminationsleistung – Beispielrechnung .....	94
6.3.2	Reduzierung der Abwasserabgabe durch Verrechnung .....	100
6.3.3	Verrechnungsmöglichkeiten bei Reform der Abwasserabgabe nach dem Reformszenario „Lenkungsertüchtigung“ .....	101
6.3.4	Zwischenfazit .....	104
6.4	Implikationen des Modells: Zuschussbedarf, Aufkommensbindung und Gebührenerhöhung.....	105
6.4.1	Zuschussbedarf und Aufkommensbindung für das empfohlene Zuschussmodell .....	105
6.4.2	Implikationen für die Abwassergebührensätze .....	106
7.	Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen.....	111
8.	Quellenverzeichnis .....	120

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verfahrensansätze zur Elimination von Mikroverunreinigungen.....	25
Abbildung 2:	Prinzipskizze PAK-Einsatz mit Rücklauf.....	28
Abbildung 3:	PAK-Dosierung im Ablauf der Nachklärung ohne Rücklauf .....	29
Abbildung 4:	Bestandteile eines GAK-Filters .....	31
Abbildung 5:	Schema einer Ozonungsanlage.....	32
Abbildung 6:	Integration der vierten Reinigungsstufe in den Infrastrukturbestand kommunaler Kläranlagen .....	36
Abbildung 7:	Vergleich der Investitionskosten zwischen PAK-Adsorption und Ozonung .....	41
Abbildung 8:	Vergleich der spezifischen Gesamtinvestitionskosten ab GK 5 zwischen PAK-Adsorption und Ozonung.....	42
Abbildung 9:	Bundesweiter Bestand von Filtrationsanlagen im Verhältnis zum Anlagenbestand der GK 5 .....	44
Abbildung 10:	Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtinvestitionskosten.....	45
Abbildung 11:	Vergleich der Betriebskosten bei PAK-Adsorption und Ozonung .....	47
Abbildung 12:	Darstellung der Betriebskostenverteilung für Ozonung .....	48
Abbildung 13:	Darstellung der Betriebskostenverteilung für PAK-Adsorption.....	48
Abbildung 14:	Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtbetriebskosten.....	50
Abbildung 15:	Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtjahreskosten .....	52
Abbildung 16:	Vergleich der Eliminationsleistung von Ozon und PAK-Adsorption für ausgewählte Mikroverunreinigungen .....	57
Abbildung 17:	Prinzipskizze zur Entwicklung der Zahllast der Abwasserabgabe bei Einführung der Messlösung und der vierten Reinigungsstufe.....	104

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gegenüberstellung PAK und GAK .....	26
Tabelle 2:	Bewertung von Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen .....	33
Tabelle 3:	Indikatoren für die Beurteilung der Eliminationsleistung bzgl. Mikroverunreinigungen .....	39
Tabelle 4:	Landes- und bundesweite Investitionskosten.....	43
Tabelle 5:	Personalschlüssel .....	46
Tabelle 6:	Landes- und bundesweite Betriebskosten.....	49
Tabelle 7:	Landes- und bundesweite Jahreskosten .....	51
Tabelle 8:	Reale Verteilung der Investitions- und Betriebskosten Böblingen-Sindelfingen .....	52
Tabelle 9:	Differenzen zwischen den realen und theoretischen Betriebskosten .....	53
Tabelle 10:	Eliminationsleistung der Verfahren mit PAK-Adsorption hinsichtlich der untersuchten Mikroverunreinigungen .....	54
Tabelle 11:	Eliminationsleistung der Ozonung hinsichtlich der untersuchten Mikroverunreinigungen .....	56
Tabelle 12:	Zusätzliche Eliminationsleistung der Verfahren mit PAK- Adsorption hinsichtlich CSB und anderer oxidativer Parameter .....	58
Tabelle 13:	Zusätzliche Eliminationsleistung der Ozonung hinsichtlich CSB und anderer oxidativer Parameter .....	59
Tabelle 14:	Ausgestaltungsoptionen der Abwasserabgabe als Instrument der MV-Elimination und summarische Beurteilung.....	88
Tabelle 15:	Vereinfachte Hochrechnung des Einsparpotenzials an Abwasserabgabe-Zahllast für den Parameter CSB, GK-5-Anlagen .....	97
Tabelle 16:	Vereinfachte Hochrechnung auf Basis der Jahresabwassermenge des Einsparpotenzials an Abwasserabgabe für den Parameter $P_{ges}$ , GK-5-Anlagen.....	98
Tabelle 17:	Kosten der vierten Reinigungsstufe für Anlagen der GK 5 und Reduzierungsmöglichkeiten der Abwasserabgabe durch zusätzliche Eliminationsleistungen, ohne Verrechnung (Überwachungswert für CSB = 75 mg/l).....	99
Tabelle 18:	Abwasserabgabe-Zahllast (in Euro) und Wirkung von Herabklärung und Messlösung beim Ruhrverband .....	102
Tabelle 19:	Abschätzung des jährlichen Zuschussbedarfs bei Bezuschussung von 75 % der Refinanzierungskosten.....	106
Tabelle 20:	Spezifische Kostensteigerung in Euro durch Einführung einer vierten Reinigungsstufe unter Nutzung der PAK-Adsorption (Szenario I), der Ozonung (Szenario II) oder beider Technologien im Verhältnis 50 : 50 (Szenario III).....	108
Tabelle 21:	Beispielrechnungen des Ruhrverbandes zum Kosteneinfluss der vierten Reinigungsstufe.....	109

## Abkürzungen

AbwA	Abwasserabgabe
AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AbwV	Abwasserverordnung
AMWA	Association of Metropolitan Water Agencies
AOP	Advanced Oxidation Process
ARA	Abwasserreinigungsanlage (Schweiz)
BAC	biologische Aktivkohle
BAFU	Schweizer Bundesamt für Umwelt
BAT	Best available techniques
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BVT	Beste verfügbare Techniken / bed volumes treated
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DOC	dissolved organic carbon
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EPA	US Environmental Protection Agency
ETBE	Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether
EU	Europäische Union
EW	Einwohnerwert
GAK	granulierte Aktivkohle
GAO	US Government Accountability Office
GK	Größenklasse
GSchV	Gewässerschutzverordnung (Schweiz)
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
ISOE	Institut für sozial-ökologische Forschung
IVU	Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
JAM	Jahresabwassermenge
JSchFr	Jahresschadstofffracht
MBR	Membranbioreaktor
ME	Messeinheit
MSR	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
MTBE	Methyl-Tertiär-Butyl-Ether
MV	Mikroverunreinigungen
NDMA	Nitroso-Dimethylamin

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
P <sub>ges</sub>	Phosphor, gesamt
PAK	Pulveraktivkohle
PPCP	Pharmaceuticals and Personal Care Products
RL	Richtlinie
SE	Schadeinheit
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TOC	total organic carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
ÜW	Überwachungswert
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

## Kurzfassung

Die Abwasserabgabe kann einen sinnvollen Beitrag zu einer selektiven Implementation der vierten Reinigungsstufe leisten. Sie sollte zu diesem Zweck freilich gezielt fortentwickelt werden. Hierfür bieten sich die in der UBA-Studie „Reform der Abwasserabgabe“ entwickelten Reformszenarien an. Zum Zwecke der Unterstützung der Implementation der vierten Reinigungsstufe könnte die Abwasserabgabe grundsätzlich entweder unmittelbar eigenständige Reinigungsanreize ausbringen (Lenkungsfunktion), eine ggf. einzuführende wasserrechtliche Anforderung in Bezug auf Mikroverunreinigungen (MV) im Vollzug unterstützen (Vollzugshilfe) oder einen Finanzierungsbeitrag leisten, und zwar entweder bei der Zahllast (Schonung beim Kaufkraftentzug) oder bei der anschließenden Mittelverwendung. Die Analyse hat jedoch gezeigt, dass eigenständige Anreize in Bezug auf Mikroverunreinigungen im Rahmen des Abwasserabgabengesetzes (AbwAG) entweder praktisch kaum implementierbar oder im Umfang zu schwach sind bzw. von negativen Begleiterscheinungen mit Blick auf die Lenkungsfunktion gegenüber anderen Schadparametern oder gar dem Wesenskern einer Lenkungsabgabe und dem unionsrechtlichen Prinzip der Kostendeckung geprägt wären. Vor diesem Hintergrund weist eine aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe gespeiste Förderpolitik mit Selbstbehalt unter Berücksichtigung des Selbstfinanzierungseffektes die beste instrumentelle Kosten-Nutzen-Relation auf. Sie wäre zu flankieren durch eine Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe mit Aufkommenserhöhung, um andere Finanzierungszwecke aus dem Aufkommen einerseits und den eigentlichen Lenkungszweck der Abgabe andererseits nicht zu gefährden und die nötigen Mittel bereitzustellen. Die Abwasserabgabe würde so insgesamt lenkungspolitisch ertüchtigt und erbrächte dadurch ein höheres Aufkommen, das für eine Förderung eingesetzt werden könnte. Das Zusatzaufkommen würde sodann den Lenkungseffekt gezielt im Bereich der vierten Reinigungsstufe aufstocken. Dies entspricht dem ursprünglichen „Aufstockungsmodell“ des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) von 1974.

Aus Effizienz- und Belastungsverteilungsgründen kommt stets nur eine Förderregelung mit Selbstbehalt in Betracht (wie in der Schweiz), d. h. der Betreiber wird nicht von allen Kosten freigestellt, sondern spürt noch eine relevante Last, die ihn selbst noch zu kostenminimaler Zielerreichung anhält. Die Notwendigkeit eines Selbstbehaltes ergibt sich aus den betriebswirtschaftlichen Kosteneffizienzanforderungen für Eliminationsmaßnahmen, den konkurrierenden (Finanzierungs-)Zwecken der Abwasserabgabe und nicht zuletzt aus Art. 9 WRRL, wo für Abwasserentsorgungsdienste der Grundsatz der Kostendeckung statuiert wird: Jede Ermäßigung der Refinanzierungslast über Gebühren stellt eine Verschönungssubvention dar, die zwar unionsrechtlich nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL als Ausnahme von der Regel gerechtfertigt werden könnte, aber dieser Rechtfertigung auch zunächst einmal bedarf.

Es wird vorgeschlagen, 75 % der jährlichen Investitionskosten (Abschreibungen, Zinsen) für einen Zeitraum von 15 Jahren bei GK-5-Kläranlagen zu bezuschussen („Leipziger Modell“). Der zusätzliche Mittelbedarf für die Investitionskosten wird durch ein Mehraufkommen als Folge einer Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe organisiert. Die übrigen 25 % der jährlichen Investitionskosten verbleiben beim Betreiber und werden über Abwasserentgelte refinanziert. Dies entspricht einem angemessenen Selbstbehalt, der auch in der Schweiz realisiert wurde. Bei den dauerhaften Betriebskosten wird von einer teilweisen Selbstfinanzierung durch Minderung der Zahllast ausgegangen. Mögliche Einsparungen bei den Betreibern ergeben sich durch Minderungen bei anderen Abgabe-Parametern sowie *de lege ferenda* bei Einführung einer Messlösung.

Die durch das Gesamtmodell eintretende Lastverteilung ist konzeptionell begründbar und auch zumutbar. Ohnehin sind alle durchgeführten Maßnahmen einer MV-Elimination grundsätzlich in vollem Umfang gebührenfähig. Der Hinweis auf „hohe Kosten“ einer vierten Reinigungsstufe ist deshalb – soweit nicht die volkswirtschaftliche Effizienz der vierten Reinigungsstufe insgesamt in Frage gestellt wird – im Wesentlichen ein Hinweis auf die politischen Kosten einer Gebührenerhöhung. Allerdings könnte die (sehr ungleiche) Verteilungswirkung einer volkswirtschaftlich effizienten Teillösung (wenige Kläranlagen reinigen unter hohem Aufwand, aber relativ am günstigsten stellvertretend für viele) Veranlassung zu einer Ausnahme nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL geben. Vorliegend kommt eine Abweichung vom Kostendeckungsgrundsatz aufgrund der „wirtschaftlichen“ und „sozialen Auswirkungen“ in Betracht, die eine volle Kostendeckung über Entgelte mit sich bringen würde. Aus volkswirtschaftlichen Effizienz-Gründen erfolgt die MV-Elimination vorrangig im Abwassersektor und hier wiederum nur bei ausgewählten Großkläranlagen. Das bedeutet, dass aus allokativen Gründen die Lasten für ein allgemeines Problem selektiv zugewiesen werden (Ansatz der *cheapest-cost avoider*). Die davon Betroffenen erbringen mithin ein „Effizienzopfer“ für die Allgemeinheit, indem sie zur Minderung der MV-Belastung insgesamt beitragen, aber alleine die Minderungskosten übernehmen müssen. Zur Finanzierung dieses öffentlichen Gutes (Minderung der MV-Belastung der Gewässer) könnten daher in angemessener Form auch diejenigen herangezogen werden, die zwar ebenfalls Verursachungsbeiträge zum Gewässergüteproblem leisten, aber aus volkswirtschaftlichen Effizienzgründen dennoch maßnahmefrei bleiben. Dies würde es rechtfertigen, nicht die volle Kostenlast durch die NutzerInnen derjenigen Kläranlagen refinanzieren zu lassen, die Maßnahmen ergreifen, sondern einen Teil der Mehrbelastung gebührenmindernd auf andere Nutznießer zu verlagern. Dazu könnte die Abwasserabgabe mit ihrem Mittelaufkommen beitragen, das von allen Direkteinleitern aufgebracht wird und damit auch jene NutzerInnen zur Finanzierung heranziehen würde, deren Abwasserbeseitigungsanlage, an deren Netz sie angeschlossen sind, keine spezifischen Maßnahmen der MV-Elimination vornimmt. Es ergäbe sich eine partielle Solidarfinanzierung der abwassereinleitenden VerursacherInnen für die aus Effizienzgründen ausgewählten Groß-Anlagen.

Diese Überlegung würde es zugleich legitimieren, dass die Belastung aus der Abwasserabgabe insgesamt für alle Einleiter anzuheben ist, um den beschriebenen Ausgleich dieses „Effizienzopfers“ der Wenigen für Viele zu finanzieren, ohne zugleich die übrigen Finanzierungszwecke der Abwasserabgabe zu sehr zu beeinträchtigen. Ein angemessener Selbstbehalt für die jeweiligen Maßnahmenträger wäre aber in jedem Falle aus Gebühren vertretbar zu refinanzieren. Die dadurch eintretende Gebührensубventionierung kann nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 gerechtfertigt werden. Den Selbstbehalt tragen dann die GebührenzahlerInnen der reinigenden Kläranlage, die übrigen Kosten alle GebührenzahlerInnen gleichmäßig (Ausgleich des „Effizienzopfers“).

Die Konstruktion ähnelt dem Schweizer Modell, unterscheidet sich aber auch von diesem. Gleichartig ist die Förderkomponente, unterschiedlich hingegen die Mittelbeschaffung. Das „partielle Solidarprinzip“ wird auch in der Schweiz angewendet: Auch dort erfolgt eine volkswirtschaftlich effiziente Behandlung nur durch „wenige“, eine Lastverteilung aber auf „viele“, die aber ebenfalls in einem Verursacherzusammenhang stehen. Ebenfalls wird ein 25%iger Selbstbehalt realisiert. Die beim AbwAG durch Ertüchtigung der Abgabe zu mobilisierenden zusätzlichen Mittel (Zusatzaufkommen) entsprechen dann dem Fördertopf des Schweizer Modells. Zugleich geht aber die deutsche Abwasserabgabe als kombinierte Wirkungszweck-/Verwendungszweckabgabe weiterhin konform mit dem Lenkungsanspruch ökonomisch effizienter Vorsorge bei der Abwasserbehandlung, ist also kein reines

Solidarmodell der Refinanzierung, sondern ein kombiniertes „Aufstockungsmodell“ im Sinne des SRU. Die Mittelbeschaffung bleibt daher an den Lenkungsanspruch gebunden.

Allerdings ist die Unterstützung der MV-Elimination über die Aufkommensverwendung auch nicht frei von Nachteilen: Der absehbare Zuschussbedarf bindet erhebliche Teile des Aufkommens und tritt damit in Konkurrenz zu den übrigen, nach § 13 AbwAG zweckgebundenen Gewässerschutzmaßnahmen. Eine Bezuschussung in Höhe von 75 % der Investitionskosten für die vierte Reinigungsstufe auf allen Kläranlagen der Größenklasse 5 würde ca. 100–130 Mio. Euro jährlich über einen Zeitraum von 15 Jahren erfordern. Dies würde rund 35 % des gegenwärtigen Aufkommens der Abwasserabgabe (rund 300 Mio. Euro pro Jahr) binden und in entsprechendem Umfang andere Finanzierungszwecke, die bislang aus dem Aufkommen gespeist wurden, verdrängen. Um diesen Verdrängungseffekt zu begrenzen, wäre eine Anhebung des Aufkommens der Abwasserabgabe in Betracht zu ziehen.

Diese Überlegungen könnten eine gezielte Erhöhung des Aufkommens aus der Abwasserabgabe sinnvoll erscheinen lassen. Hierfür kommen vorzugsweise Änderungen des AbwAG in Betracht, die gleichzeitig den Wesenskern einer Lenkungsabgabe als ökonomischen Hebel zur effizienten Vorsorge im Gewässerschutz nicht antasten bzw. sogar stärken. Insoweit kann hier auf die vorliegenden rechtspolitischen Empfehlungen zur „Lenkungsertüchtigung“ der Abwasserabgabe zurückgegriffen werden. Eine Teil-Finanzierung von Maßnahmen zur Implementierung der vierten Reinigungsstufe aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe bei gleichzeitiger Erhöhung dieses Aufkommens aufgrund einer lenkungsorientierten Ertüchtigung der Abgabenkonstruktion würde beiden Zielstellungen (Lenkung und Finanzierung) gleichermaßen gerecht. Zugleich würde eine unangemessene Verdrängung („Kannibalisierung“) von Finanzierungszwecken, die aus dem Aufkommen der Abgabe zu bestreiten sind, eingedämmt.

Die von dieser Lösung ausgehende nominelle Mehrbelastung der Abgabepflichtigen und der GebührenzahlerInnen dürfte insgesamt auch vertretbar sein. Angesichts des seit 20 Jahren anhaltenden ständigen realen Wertverlustes der Abgabezahllast erscheint eine auch spürbare nominelle Anhebung nicht unverhältnismäßig, da sie nur einen Teil der realen Entlastung rückgängig machen würde. Was die Belastung der GebührenzahlerInnen angeht, so macht die Zahllast der Abwasserabgabe für kommunale Direkteinleiter recht konstant gerade einmal 3–5% der gebührenfähigen Kosten der Abwasserbeseitigung aus. Diese Werte dürften zwar durch extensive Nutzung von Verrechnungstatbeständen nach unten verzerrt sein; dennoch zeigen auch sie, dass eine entsprechende Mehrbelastung durch höhere Zahllasten der Abwasserabgabe durchaus keine unververtretbaren Zumutungen bereithalten dürfte. Auch in Bezug auf die Gebühren-Effekte einer Kläranlage mit bezuschusster vierter Reinigungsstufe gehen erste Schätzungen von einem geringen zweistelligen Cent-Betrag pro cbm aus, der über Abwassergebühren zusätzlich aufzubringen wäre.

Für die Funktionalität der Abwasserabgabe ist die Verzahnung mit ordnungsrechtlichen Anforderungen an eine MV-Elimination essenziell. Diese könnten emissionsorientiert flächendeckend nach dem Stand der Technik in der Abwasserverordnung niedergelegt oder aber bewirtschaftungsorientiert gemäß Wasserrahmenrichtlinie je nach Gewässersituation formuliert werden, wie dies gegenwärtig in NRW geschieht. Wollte man die Abwasserabgabe ohne eine ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung für Zwecke der MV-Elimination einsetzen, so müsste entweder eine ineffiziente Vollfinanzierung aller Projekte erfolgen oder der Erfolg bleibt auf einzelne Pilot-Maßnahmenträger begrenzt bzw. auf Bundesländer, die die MV-Problematik auch bewirtschaftungsorientiert angehen wollen. Die Abwasserabgabe kann daher letztlich immer nur flankierend wirken.

Die Realisierung der vierten Reinigungsstufe hat unabwendbar volkswirtschaftliche Lasten zur Folge, die aber annahmegemäß von den gesellschaftlichen Nutzen mehr als aufgewogen werden. Zu diesen Nutzen gehören insbesondere die vermiedenen Umwelt- und Ressourcenkosten durch MV-Eintrag in die Gewässer. Dass der Umweltstaat schließlich auch ohne wissenschaftlich exakten Nachweis bestimmter Gefahrenpotenziale im Umweltschutzinteresse handelt, entspricht im Übrigen dem Vorsorgeprinzip. Die gleichwohl auftretenden Lasten einer vierten Reinigungsstufe müssen in jedem Falle in irgendeiner Form verteilt werden. Eine Heranziehung des Abwassersektors ist unter Verursachergesichtspunkten dabei nicht unangemessen (Argument des *cheapest-cost avoider*). Innerhalb des Abwassersektors findet dann zur Finanzierung der vierten Reinigungsstufe partiell eine Lastenteilung statt. Diese wird organisiert über die Zuschussregel 75 %, den Selbstbehalt der Maßnahmenträger, den Selbstfinanzierungseffekt der Abwasserabgabe und über die strukturelle Anhebung der Abwasserabgaben-Zahllast für alle zur Mobilisierung zusätzlicher Mittel zugunsten der Maßnahmenträger.

## 1. Handlungsbedarf bei Mikroverunreinigungen und Zielsetzung des Berichts

Seit den 1970er Jahren liegt der Fokus der Abwasserbehandlung auf der Beseitigung von organischen Verunreinigungen und Metallen, seit den 1990ern speziell auch auf Stickstoff und Phosphor. In jüngerer Zeit rückt jedoch mit den sogenannten Mikroverunreinigungen (MV) eine neue Herausforderung verstärkt ins Blickfeld<sup>1</sup>. Hierunter werden Stoffe verstanden, die in sehr geringen Konzentrationen auftreten<sup>2</sup> und nicht durch natürliche physikalisch-chemische oder biologische Prozesse entstanden sind. Die Definition anhand eines Mengen-Kriteriums anstatt über – die traditionell im Gewässerschutz im Vordergrund stehenden – Eigenschaften wie Toxizität oder Persistenz verweist bereits darauf, dass hiermit keine spezifischen Substanzen angesprochen sind, sondern durch anthropogene Nutzung eingebrachte Chemikalien im Allgemeinen. Gleichwohl werden einzelne Substanzen in der Diskussion über Mikroverunreinigungen besonders hervorgehoben, etwa hormonell wirksame Stoffe (aufgrund ihrer Wirkungen auf Wasserlebewesen) oder der schwer abbaubare Arzneistoff Diclofenac. Verbesserte Analysemethoden machen seit den 1980er Jahren deutlich, dass die steigende Menge der in Produkten des täglichen Bedarfs verwendeten Chemikalien zu einer Verbreitung dieser Stoffe in der Umwelt führt, da entsprechende Verunreinigungen im Abwasser von Kläranlagen nicht vollständig entfernt werden. Zu diesen Produkten zählen u. a. Arzneimittel<sup>3</sup>, Lebensmittel, Reinigungsmittel, Baumaterialien, Anstriche und Körperpflegeprodukte. Während der Einsatz dieser Chemikalien zunächst im Zuge der Produktnutzung durchaus erwünschte Produkteigenschaften hervorbringt – man denke etwa an die Steigerung des therapeutischen Nutzens von Arzneimittelwirkstoffen, die desinfizierende Wirkung von Bioziden oder auch an künstliche Süßstoffe in „Light“-Getränken –, stellt sich nach dem Verbrauch des Produkts die Frage, welche Effekte die stofflichen Träger dieser Eigenschaften in der Umwelt hervorrufen. Obwohl nach heutigem Kenntnisstand eine Gefahr für die menschliche Gesundheit durch Mikroverunreinigungen nicht sicher belegt ist<sup>4</sup> und auch die genauen Auswirkungen auf Ökosysteme noch in weiten Teilen unbekannt sind, mehren sich Stimmen, welche insbesondere im Hinblick auf organische Substanzen<sup>5</sup> Handlungsbedarf im Bereich des Gewässerschutzes erkennen.<sup>6</sup> Hierbei werden unterschiedliche Argumente angeführt:

---

<sup>1</sup> Siehe aus der internationalen Diskussion statt vieler nur *Vestner/Rothenberger* (2013); *Firk* (2013); British Geological Survey (2011); *Richardson/Ternes* (2010); *Wombacher* (2010); BAFU (2009, 2011, 2012b); EPA (2009); HUNZIKER (2008); *Bixio et al.* (2005).

<sup>2</sup> Es existiert keine einheitliche Auffassung darüber, ab welcher Konzentration genau von Mikroverunreinigungen gesprochen werden sollte. Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA) verweist auf Stoffkonzentrationen unter einem Milliardstel Gramm pro Liter (2013, S. 26). Das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) nennt hingegen die Größenordnung Millionstel und verweist auf unterschiedliche Vorstellungen in dieser Hinsicht, die je nach Umweltverhalten der Stoffe bzw. der verwendeten Analytik variieren (2006, S. 56). *Abegglen/Siegrist* (2012, S. 8) nennen ebenfalls einen schwankenden Bereich von Nano- bis Mikrogramm pro Liter.

<sup>3</sup> Siehe zu diesem Problembereich insbesondere *Owen/Jobling* (2012); *Cuevas* (2011); *Eckstein/Sherk* (2011); *Kampa et al.* (2007); Alliance for the Great Lakes (2010); *Apte et al.* (2013); NACWA (2005).

<sup>4</sup> *Cunningham et al.* (2009); *Touraud et al.* (2011); *Etchepare/van der Hoek* (2014); *Kuzmanovic et al.* (2015). Mit Blick auf Humanarzneimittel wird nach gegenwärtigem Kenntnisstand aber z. T. praktisch ausgeschlossen, dass die nachgewiesenen Rückstände im Trinkwasser zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung führen können; dazu näher *Dieter et al.* (2010), S. 4.

<sup>5</sup> Grundsätzlich umfasst der Begriff Mikroverunreinigung sowohl organische als auch anorganische Stoffe. Die Bedenken hinsichtlich der Wirkung von Mikroverunreinigungen im Wasser beziehen sich jedoch weitgehend auf organische Substanzen (Bundesamt für Umwelt – BAFU 2006, S. 56).

<sup>6</sup> Alliance for the Great Lakes (USA) (2011); Association of Metropolitan Water Agencies (USA) (2013); Emschergenossenschaft (2012); Schweizer Nationalrat (2013).

- Obwohl negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit noch nicht zweifelsfrei belegt sind, lassen die bisherigen Ergebnisse doch ernstzunehmende Indizien erkennen, etwa im Hinblick auf eine Verringerung der Fruchtbarkeit oder auf den Anstieg bestimmter Krebserkrankungen.<sup>7</sup>
- Mikroverunreinigungen haben nachweisbar Auswirkungen auf Lebewesen in Gewässern, wobei häufig die Beeinträchtigung der Reproduktion von Fischen infolge einer „Verweiblichung“ durch östrogene Verbindungen genannt wird.<sup>8</sup> In der Schweiz werden Mikroverunreinigungen daher teilweise bereits als ernstzunehmende Bedrohung des Fischbestandes betrachtet.<sup>9</sup>
- Ein verlässlicher vorsorgender Gesundheitsschutz im Bereich Trinkwasser ist angesichts der unüberschaubaren Anzahl relevanter Stoffe praktisch unmöglich.<sup>10</sup>
- Die Unbedenklichkeits-Postulate bestehender Studien hinsichtlich der Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit gelten lediglich für die untersuchte Gruppe gesunder Erwachsener, nicht aber für Kinder, schwangere Frauen oder AllergikerInnen.<sup>11</sup> Zudem werden Langzeiteffekte sowie die Kombinationswirkung mehrerer Schadstoffe in aller Regel nicht untersucht.<sup>12</sup>
- U. U. bergen auch bislang als unbedenklich eingestufte Substanzen in sehr geringen Konzentrationen unbekannte Risiken, etwa infolge U- oder J-förmiger Wirkungsverlaufskurven bei sich verändernder Konzentration.<sup>13</sup>

Zur Eindämmung der Ausbreitung von Mikroverunreinigungen in Gewässern wird unter Verweis auf die vielen verschiedenen Herkunftsbereiche (von Kosmetika, Reinigungs- und Arzneimitteln oder Lebensmittelzusatzstoffen bis hin zu Industrie- und Agrarchemikalien) sowie Pfade, über die diese Verunreinigungen in Gewässer gelangen (u. a. Industrieabwässer, kommunale Kläranlagen, Bergbau, Deponien, Landwirtschaft, Atmosphäre), in aller Regel die Kombination mehrerer Maßnahmen empfohlen, die entlang der gesamten Verursacherkette von Produktion, Vertrieb, Konsum und Entsorgung bis hin zur Wasseraufbereitung ansetzen.<sup>14</sup> Dazu zählen:

- die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte (z. B. *Green Pharmacy* bzw. das „Greening“ sämtlicher Chemikalien) sowie entsprechende Pflichten für die Hersteller (erweiterte Produktverantwortung),
- Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauchs von Arzneimitteln, Veterinärprodukten, Pestiziden etc., etwa die Sensibilisierung von MedizinerInnen, LandwirtInnen und der

---

<sup>7</sup> Alliance for the Great Lakes (2011), S. 1.

<sup>8</sup> Gunnarsdóttir et al. (2013), S. 79, mit weiteren Nachweisen.

<sup>9</sup> Schweizer Nationalrat (2013).

<sup>10</sup> Daughton (2004), S. 713 ff.

<sup>11</sup> Touraud et al. (2011), S. 440.

<sup>12</sup> Daughton (2004), S. 718.

<sup>13</sup> Daughton (2004), S. 722.

<sup>14</sup> Basler (2012), S. 1; Daughton|Ruhoy (2013); Emschergenossenschaft (2012), S. 22; Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008), S. 36; Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (2010); Joss et al. (2008), S. 254; Kümmerer (2009), S. 2361; Metz (2013), S. 17 f.; Minister of Public Works and Government Services Canada (2007), S. 31.

Öffentlichkeit, sowie die Kennzeichnung der Umweltauswirkungen dieser Produkte (*Ecolabelling*),

- die Verringerung des Eintrags in Gewässer durch die Etablierung kostenloser Rücknahmeprogramme, etwa für nicht mehr benötigte Medikamente,
- die getrennte Sammlung und (dezentrale) Behandlung von Abwasserteilströmen (v. a. Trennung von Urin und Faeces) in Gewerbegebieten, Neubausiedlungen, Bürogebäuden oder Krankenhäusern,
- die Erweiterung zentraler Kläranlagen um eine zusätzliche, „vierte“ Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser sowie schließlich
- die Elimination von Mikroverunreinigungen im Rahmen der Aufbereitung von Trinkwasser.

Der vorliegende Bericht widmet sich der Option der **Erweiterung zentraler Kläranlagen um eine vierte Reinigungsstufe** zur Elimination von Mikroverunreinigungen. Im Vordergrund steht dabei die Frage nach dem möglichen **Beitrag der deutschen Abwasserabgabe zur Finanzierung der Aufrüstung von Kläranlagen** in einem Umfang, der eine bundesweite substanzielle Reduzierung von Mikroverunreinigungen im Abwasser gewährleistet. Anlass der Untersuchung ist die absehbar nicht unerhebliche Belastung der Abwasserentsorger im Zuge einer solchen Maßnahme.

Diese Option spielt in Deutschland insofern eine Rolle, als nach deutschem Abwasserrecht die **Vorsorgekonzeption** einer Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik gesetzlich verankert ist. Das deutsche Abwasserrecht möchte alle technisch vernünftigen Möglichkeiten der Abwasserbehandlung verwirklicht wissen (dazu näher unten 4.1). Demgegenüber kennt das europäische Recht die vorsorgende Verpflichtung zur Verwendung der besten verfügbaren Techniken (BVT) nur im Anwendungsbereich des sog. IVU-Rechts, das nun durch die Industrieemissions-RL aus dem Jahre 2010 neu gefasst worden ist. Für die Abwasserbehandlung gilt europarechtlich der BVT-Maßstab demgemäß nur eingeschränkt, nämlich soweit Industriezweige betroffen sind, die durch die IE-RL auf den BVT-Maßstab verpflichtet sind. Auch auf der europäischen Entscheidungsebene muss im Hinblick auf Mikroverunreinigungen der Gewässer aber nicht abgewartet werden, bis sicheres Schadens- und Gefährdungswissen erreicht ist, sondern darf das Vorsorgeprinzip zur Anwendung gebracht werden.<sup>15</sup>

Da gegenwärtig nicht absehbar ist, inwieweit zukünftig ordnungsrechtliche Vorgaben die Einrichtung einer vierten Reinigungsstufe in Deutschland erforderlich werden lassen,<sup>16</sup> werden im weiteren Verlauf **zwei Szenarien** betrachtet:

1) Sofern ordnungsrechtliche Vorgaben für die Elimination von Mikroverunreinigungen bestehen, ist zu fragen, in welchem Umfang die Abwasserabgabe zur Bewältigung des damit einhergehenden Investitionsaufwands beitragen kann (Finanzierungsbeitrag) und in welchem Maße sie den Vollzug der ordnungsrechtlichen Anforderungen unterstützen kann (Vollzugshilfefunktion im Policy-Mix).

2) Falls hingegen keine gesetzliche Verpflichtung zur Elimination von Mikroverunreinigungen besteht, rückt die Frage in den Vordergrund, welche Anreize sich über die Abwasserabgabe für

---

<sup>15</sup> Siehe zu den Anwendungsvoraussetzungen des Vorsorgeprinzips statt vieler: *Köck* (2005).

<sup>16</sup> Dazu jüngst *Wendenburg* (2014).

einen „freiwilligen“, das heißt von wirtschaftlichen Überlegungen motivierten Ausbau von Kläranlagen setzen lassen.

Im Rahmen der Analyse bedürfen zudem folgende Aspekte besonderer Aufmerksamkeit:

- a) **Ist die Abwasserabgabe grundsätzlich ein geeignetes Instrument** im Hinblick auf die Finanzierung der vierten Reinigungsstufe? Bereits heute führt ihre Doppelaufgabe bestehend aus dem Setzen von Anreizen für eine effiziente Abwasserbehandlung (Lenkungsfunktion) einerseits sowie der Unterstützung des Vollzugs ordnungsrechtlicher Anforderungen (Vollzugshilfefunktion) andererseits zu spürbaren konzeptionellen Widersprüchen und somit Wirkungseinbußen.<sup>17</sup> Die Aufwertung der bislang konzeptionell im Hintergrund stehenden Finanzierungsfunktion im Kontext einer Finanzierungslösung für die vierte Reinigungsstufe birgt die Gefahr, die Abgabekonstruktion weiter zu verkomplizieren und ihren bereits heute suboptimalen Effizienzbeitrag zusätzlich zu schwächen.
- b) Auf welche Weise kann bzw. soll die Abwasserabgabe einen **Finanzierungsbeitrag** leisten? Soll lediglich das bereits vorhandene Aufkommen einem neuen Verwendungskriterium (Maßnahmen zur Elimination von Mikroverunreinigungen) unterstellt werden? Oder soll vielmehr zusätzliches Aufkommen generiert werden? Soll eine Minderung der auf bestehende Schadparameter entfallenden Zahllast im Falle von Investitionen in eine vierte Reinigungsstufe erfolgen (Ermäßigung, Verrechnungen)? Soll eine Minderung der möglicherweise zukünftig auf Mikroverunreinigungen entfallenden Zahllast die Gesamtkosten aus Abwasserabgabe und Investitionslast senken (Annullierung oder Verringerung der MV-spezifischen Bemessungsgrundlage, Ermäßigung, Verrechnungen)? Führt bereits die Tatsache, dass einige Technologien zur Entfernung von Mikroverunreinigungen teilweise auch die Belastung durch herkömmliche Schadstoffe und damit zugleich die „klassische“ Abgabeschuld verringern, zu einer spürbaren finanziellen Entlastung der Einleiter („Selbstfinanzierungseffekt“)?
- c) Sofern die Abwasserabgabe zusätzliches Aufkommen generieren soll, stellt sich die Frage, **welche Bemessungsgrundlage** in diesem Fall zu wählen ist. Sollte der Umfang der Zahllast vom Umfang der Verunreinigung abhängen? Falls ja, wie kann dieser Umfang bestimmt werden (Messung ausgewählter MV-Stoffe oder Verwendung einer Behelfsgrundlage wie Einwohnerwerte, Abwassermenge, CSB bzw. technischer Standard)?
- d) Wie sind die jeweiligen Finanzierungsbeiträge bzw. Bemessungsgrundlagen unter den Gesichtspunkten **Verteilungsgerechtigkeit/Akzeptanz, Effizienz/Lenkungswirkung und Vollzugaufwand** zu bewerten?

Bevor auf den Beitrag der Abwasserabgabe im Einzelnen eingegangen wird, sollen zunächst die Rahmenbedingungen einer solchen Untersuchung erläutert bzw. geprüft werden. Dazu zählt erstens eine Beurteilung, welche Rolle zentrale Kläranlagen bei der Bewältigung der Problematik Mikroverunreinigungen spielen können bzw. sollten und von welchen Annahmen die weiteren Analyseschritte ausgehen (Abschnitt 2). Anschließend werden überblicksartig geeignete bzw. vielversprechende technische Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser sowie deren Kosten vorgestellt (Abschnitt 3). Bevor auf den möglichen Finanzierungsbeitrag der Abwasserabgabe eingegangen werden kann, muss

---

<sup>17</sup> Gawel et al. (2011, 2014).

zudem geklärt werden, welche rechtlichen Rahmenbedingungen für ein solches Finanzierungsszenario angenommen werden. Von zentraler Bedeutung ist hierbei vor allem die Frage, ob Kläranlagen ordnungsrechtlich zur Elimination von Mikroverunreinigungen verpflichtet werden können, etwa über die Festlegung von Mindestanforderungen für Konzentrationen bestimmter Indikatorstoffe im behandelten Abwasser. Folglich ist zu prüfen, welche Anforderungen bereits heute existieren sowie welche Perspektiven für eine derartige gesetzliche Verpflichtung bestehen (Abschnitt 4). Zusätzlich soll untersucht werden, welche Finanzierungslösungen bzw. -erwägungen im Hinblick auf die Errichtung einer vierten Reinigungsstufe im Ausland zu finden sind und inwieweit sie Anregungen für Deutschland geben können. Hierbei kommt der Schweiz besonderes Augenmerk zu, da dort bereits ein umfangreiches Vorhaben zur Aufrüstung von Kläranlagen im Gange ist (Abschnitt 5). Die Beiträge der Abwasserabgabe zur Bewältigung der Problematik werden in Abschnitt 6 diskutiert. Zusammenfassende Empfehlungen beschließen diese Studie (Abschnitt 7).

## 2. Die Rolle zentraler Kläranlagen im Handlungsfeld „Mikroverunreinigungen“

Obwohl einzelne Substanzen auch in Konzentrationen von Millionstel Gramm je Liter bereits in konventionellen Kläranlagen mit mechanischer und biologischer Reinigungsstufe weitgehend eliminiert werden,<sup>18</sup> besteht überwiegend Konsens, dass der Umfang der Elimination in vielen Fällen unzureichend ist.<sup>19</sup> Übersichtsstudien kommen zu dem Ergebnis, dass die bislang untersuchten Mikroverunreinigungen aus dem häufig untersuchten Bereich Medikamente und Kosmetika in den üblichen Behandlungsverfahren lediglich zu 6-47 % verringert werden.<sup>20</sup> Werden zentrale Kläranlagen als wichtiger Baustein einer Strategie zur Reduzierung dieser Stoffe in Gewässern betrachtet, müssen diese also mit zusätzlicher Behandlungstechnologie aufgerüstet werden.

Ob eine solche Maßnahme in einem Maßstab sinnvoll ist, der über die punktuelle Aufrüstung von Kläranlagen etwa in besonders stark belasteten Einzugsgebieten hinausgeht, wird jedoch kontrovers diskutiert. Da bereits heute die Abwasserbehandlung in Deutschland jährlich Investitionen in Milliardenhöhe bindet<sup>21</sup> und eine vierte Reinigungsstufe weitere, hohe Kosten verursacht (dazu Abschnitt 3), ist es wenig verwunderlich, dass insbesondere Verbände der Wasserwirtschaft und der Kommunen einem solchen Vorhaben eher kritisch gegenüberstehen.<sup>22</sup> Von Seiten der Bundesländer kommen unterschiedliche Signale: Während VertreterInnen aus Baden-Württemberg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Nordrhein-Westfalen eine Nachrüstung ausgewählter Kläranlagen befürworten bzw. als unausweichlich ansehen und z. T. bereits finanziell unterstützen,<sup>23</sup> stehen Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen zusätzlichen Behandlungsmaßnahmen im Bereich Abwasser zurückhaltend gegenüber.<sup>24</sup>

Wie bereits ausgeführt, wird von der überwiegenden Mehrzahl der wissenschaftlichen, aber auch der politischen BeobachterInnen ein integrierter Ansatz aus Maßnahmen in den Bereichen der Herstellung von Chemikalien und ihrer Verwendung in Produkten, der Produktnutzung sowie der Entsorgung befürwortet. Dabei wird vielfach hervorgehoben, dass auch auf den Beitrag von Abwasserbehandlungsanlagen nicht verzichtet werden kann bzw. sollte. Folgende Überlegungen werden hierbei geltend gemacht:

- Zwar sind Nutzungseinschränkungen (z. B. Stoffverbote) in vielen Fällen ein denkbarer und sinnvoller Weg zur Reduzierung der Problematik. Angesichts der enormen Zahl relevanter Stoffe und ihres nicht selten hohen Nutzens kann diese Option aber kaum eine vollständige Lösung darstellen. Hierzu kommt, dass Stoffregulierungen in der Regel nur bestimmte Verwendungen einschränken. Emissionen aus dem „Bestand“, die etwa im Falle von Bauprodukten noch Jahre bis Jahrzehnte andauern können, werden

---

<sup>18</sup> Etwa einige Steroide – siehe *Smith/Rockett* (2012), S. 35.

<sup>19</sup> *Kosma et al.* (2014); o.V. (2013).

<sup>20</sup> *Bu et al.* (2013), S. 206.

<sup>21</sup> 2012 etwa 4 Mrd. Euro allein in der öffentlichen Abwasserbeseitigung; <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/242684/umfrage/investitionen-in-die-oeffentliche-abwasserbeseitigung-in-deutschland/> (abgerufen am 26.03.2014).

<sup>22</sup> So etwa die DWA (vgl. *Thaler* 2011; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall 2013, S. 27 f.), der Verband kommunaler Unternehmen (2011) sowie Ruhrverband/BDEW (*Bode* 2012).

<sup>23</sup> *Bergmann/Götz* (2013); *Bringewski* (2013); *Bröker* (2014a, 2014b); *Mertsch* (2014).

<sup>24</sup> *Bröker* (2013, 2014b).

hierdurch nicht erfasst. Auch „weichere“ Maßnahmen wie ökonomische oder suasorische Instrumente (z. B. Umweltabgaben auf Chemikalien, Information der VerbraucherInnen, Einrichtung kostenloser Rücknahmeprogramme für abgelaufene Medikamente) können nur in begrenztem Umfang den Eintrag von Mikroverunreinigungen in Kläranlagen verringern, da insbesondere bei Arzneimitteln und Kosmetika häufig eine geringe Preiselastizität besteht.<sup>25</sup>

- Zudem sind alle Beschränkungen in der Produktnutzung mit z. T. nicht unerheblichen Opportunitätskosten behaftet. So wird man allein aufgrund von Abwassergesichtspunkten kaum auf einen gesundheitspolitisch signifikanten und nicht-substituierbaren Schutzbeitrag bestimmter Pharmaka verzichten können.
- Alternative Maßnahmen wie die Ermunterung von ProduzentInnen zu umweltfreundlicherem Produktdesign haben sich in Europa bislang als wenig erfolgreich erwiesen. Die verstärkte Herstellung „grüner Arznei“ wurde etwa bereits 1994 durch die Enquete-Kommission des Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ angemahnt – bis heute mit wenig Erfolg.<sup>26</sup>
- Die Entwicklung weniger umweltbelastender Chemikalien und Produkte ist häufig nur über größere Zeiträume möglich, Handlungsbedarf besteht im Sinne eines vorsorgenden Gewässerschutzes aber bereits heute. Der Ausbau von Kläranlagen kann daher eine vergleichsweise kurzfristige Entlastung für die Gewässer bringen.<sup>27</sup>

Zusätzlich lassen sich folgende Argumente für ein Ansetzen bei zentralen Kläranlagen anführen:

- Die Effektivität von Maßnahmen im Bereich der Entwicklung „umweltverträglicher Chemikalien“ stößt in einer global vernetzten Wirtschaft an enge Grenzen. Viele Substanzen bzw. Produkte werden aus dem Ausland importiert, weshalb nationale Initiativen für ein „Greening“ keine umfassende Lösung darstellen können. Importbeschränkungen wiederum stoßen schnell an wettbewerbsrechtliche Grenzen.
- Die Opportunitätskosten von Stoffbeschränkungen in der Nutzungsphase sind in vielen Fällen zu hoch oder sogar ethisch nicht vertretbar (Pharmaka).
- In ausgewählten Fällen (dicht besiedelte Belastungsgebiete, Großkläranlagen) dürfte die *End-of-pipe*-Behandlung<sup>28</sup> gesammelter Abwasserströme die insgesamt volkswirtschaftlich günstigste Zugriffsform darstellen.
- Die Anwendung einer vierten Reinigungsstufe hat darüber hinaus, je nach Art der eingesetzten Technologie, u. U. auch eine weitere Verringerung einiger „klassischer“ (Schad-)Stoffe zur Folge. So führt etwa der Einsatz von Aktivkohle (Pulver und granuliert) zu einer weiteren Senkung des CSB sowie der Phosphorkonzentrationen im Abwasser.<sup>29</sup>

---

<sup>25</sup> Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008), S. 36, 40; Metzger et al. (2013).

<sup>26</sup> Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008), S. 38. So auch Albrecht (2012), S. 202.

<sup>27</sup> Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008), S. 38; ähnlich Joss et al. (2008), S. 254.

<sup>28</sup> Im Nachgang erfolgt noch die Abbauleistung der Gewässer; aus Sicht der maßnahmenbezogenen Zugriffspunkte stellt allerdings die Behandlung gesammelter Abwasserströme den Endpunkt der abwasserbezogenen Stoffströme dar.

<sup>29</sup> Schwentner et al. (2013a), S. 40.

- Die Heranziehung von Eliminationstechnologien im Rahmen der Trinkwasseraufbereitung als Alternative zur Behandlung von Mikroverunreinigungen durch Kläranlagen kann selbst abseits einer holistischen Umweltethik, in der Tieren und Pflanzen ein vom Menschen unabhängiger Wert zugesprochen wird, keine Lösung sein, da die Beeinträchtigung von Ökosystemen langfristig immer auch Auswirkungen auf den Menschen hat. So unterstützt beispielsweise der Schweizer Fischereiverband die geplanten Maßnahmen zur Aufrüstung von Kläranlagen in der Schweiz aus Sorge vor negativen Folgen von Mikroverunreinigungen für die Fischpopulationen.<sup>30</sup>

Bedenken gegenüber einer Nachrüstung von Kläranlagen werden häufig mit dem Verweis auf Widersprüche gegen das Ursprungsprinzip sowie das Verursacherprinzip begründet.<sup>31</sup> Auch wird darauf verwiesen, dass die Einführung einer zusätzlichen Reinigungsstufe keine zufriedenstellende Lösung bieten kann, da bislang keine Technologie in der Lage ist, die unüberschaubare Vielzahl von Mikroverunreinigungen in zufriedenstellendem Umfang zu eliminieren.<sup>32</sup>

Diese Argumente können jedoch schwerlich einen vollständigen Verzicht auf eine vierte Reinigungsstufe begründen: Was den Verstoß gegen das Ursprungsprinzip betrifft, so ist bereits angeführt worden, dass Maßnahmen „an der Quelle“ („grüne Arznei“ oder Aufklärung der VerbraucherInnen) nur bedingt Abhilfe schaffen können, da die Entwicklung weniger umweltbelastender Chemikalien nur auf lange Sicht eine Entlastung bieten kann und dem Beitrag der Konsumenten aufgrund geringer Nachfrageelastizitäten bei vielen Medikamenten, aber auch bei Kosmetika Grenzen gesetzt sind.

Auch der beklagte Verstoß gegen das Verursacherprinzip ist keinesfalls so eindeutig wie häufig angenommen. Das Beispiel Mikroverunreinigungen mit einer Vielzahl beteiligter Akteure (Hersteller von chemischen Ausgangsstoffen, Hersteller von Produkten für den Endverbrauch, verschreibungsberechtigte ÄrztInnen, KonsumentInnen) zeigt erstens, dass es nicht *den einen* Verursacher gibt, sondern vielmehr eine ganze Verursacherkette von EntscheiderInnen, die Bedingungen für das Endergebnis setzen. Wer hier eine größere „Schuld“ an der Problematik trägt, dürfte nach ethischen Maßstäben kaum auszumachen sein. Zum Zweiten gilt das Verursacherprinzip in den Wirtschaftswissenschaften, auf deren Analysen zur Entstehung von Umweltproblemen dieser Grundsatz zurückgeführt werden kann, seit langem als „Leerformel“<sup>33</sup>. Die dem Umweltproblem zugrunde liegenden Nutzungskonflikte über ökonomisch knappe Ressourcen (nicht: Mangel-Ressourcen) verweisen letztlich auf gegensätzliche Interessen eines Urhebers von Externalitäten und eines davon Betroffenen. Beide Interessen an der Ressource sind ökonomisch legitim, da jeweils nutzenstiftend.<sup>34</sup> Aus rein anthropozentrischer Sicht ist beispielsweise nicht erkennbar, warum das Interesse von Badegästen an der Nutzung eines Gewässers als Badegelegenheit dem konkurrierenden Interesse eines Unternehmers an der Nutzung desselben Gewässers als Schadstoffsenke *grundsätzlich* vorzuziehen ist. Vielmehr sucht auch das Recht hier einen jeweils vernünftigen Interessenausgleich.

---

<sup>30</sup> Schweizerischer Fischerei-Verband (SFV) (2010).

<sup>31</sup> Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2013), S. 27 f.; Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008), S. 42; *Kümmerer* (2009), S. 2362.

<sup>32</sup> *Kümmerer* (2009), S. 2362; *Schwentner et al.* (2013a, 2013b).

<sup>33</sup> *Adams* (1989); grundlegend *Coase* (1960).

<sup>34</sup> *Endres* (2013), S. 57-63.

Wird als „Verursacher“ ein Adressat für staatliches Eingreifen gesucht, dem eine veränderte Ressourcennutzung (unter Inkaufnahme von privaten Kosten) zugemutet werden soll, so gibt es aus ökonomischer Sicht nach *Coase* hier a priori keine Lösung. Man kann sich allerdings fragen, welche zum Nutzungskonflikt beitragende Partei die besten Voraussetzungen mitbringt, um zu einem vernünftigen Interessenausgleich zu kommen. Eine greifbarere Konzeption des „Verursachers“ als Normadressat bezieht sich daher auf denjenigen Akteur, der das Problem zu den geringsten Kosten lösen kann (*cheapest cost avoider*).<sup>35</sup> Nach diesem rechtsökonomischen Konzept wird vernünftigerweise der- oder diejenige als AdressatIn einer Regelung ausgewählt, welche/r die kostengünstigsten Einwirkungsmöglichkeiten auf das Problem und den dazu besten Kenntnisstand bzw. das größte Innovationspotenzial besitzt. So wird man im Produktsicherheitsrecht aus den genannten Gründen sinnvollerweise die HerstellerInnen und nicht etwa die KonsumentInnen heranziehen.

Die klare Identifizierung dieser Rolle im vorliegenden Fall dürfte freilich angesichts der komplexen Sachlage mit zahlreichen beteiligten Akteuren und unzähligen Stoffen und Stoffströmen kaum ohne weiteres möglich sein. Es liegt aber auf der Hand, dass zumindest in den Fällen von Großkläranlagen für Verdichtungs- und Belastungsgebiete eine *End-of-pipe*-Lösung die volkswirtschaftlich insgesamt günstigste Lösungsoption sein dürfte, zumal in den dort vorfindbaren Abwasserströmen alle Stoffe zusammenkommen, die ansonsten einzeln in den verschiedensten Nutzungssphären begrenzt werden müssten. Bei einem solchen Kostenvergleich ist grundsätzlich zu beachten, dass nicht nur „Ausgaben in Geld“, sondern auch Verzichtskosten (Opportunitätskosten), z. B. bei Pharmaka oder Röntgenkontrastmitteln, in die volkswirtschaftlich relevante Vergleichsbetrachtung einzubeziehen sind.

Im Übrigen scheiden zentrale Kläranlagen auch nicht bereits deshalb als „Verursacher“ aus, weil sie das Problem selbst nicht hervorrufen. Wäre dies ein belastbares Argument, so müssten kommunale Kläranlagen ihre Arbeit komplett einstellen, denn alles gesammelte und zur Behandlung anstehende Abwasser wurde ja von dritter Seite „bereitgestellt“ und in seiner Schädlichkeit determiniert. Die Kläranlagen übernehmen ihre Rolle ja gerade deshalb, weil eine zentrale *End-of-pipe*-Behandlung als die insgesamt günstigste Form der Abwasserbehandlung eingeschätzt wird. Zentrale Kläranlagen sind typischerweise *cheapest cost avoider*. Derselbe Sachverhalt greift nun auch für Mikroverunreinigungen. Zwar ist hier die Vorzugswürdigkeit einer zentralen Nachbehandlung gegenüber Maßnahmen im Teilstrom oder der gänzlichen Vermeidung von Stoffeinträgen weniger eindeutig als dies etwa bei der organischen Grundbelastung häuslicher Abwässer der Fall ist. Dennoch wird für einen relevanten Teilbereich, der letztlich politisch bestimmt werden muss, die zentrale Behandlung von Abwasserströmen die kostengünstigste Option darstellen.

Das allokative Kostenargument ist von Argumenten zu trennen, die sich auf die Belastungsgerechtigkeit für einzelne Gruppen beziehen. Im Verweis auf das Verursacherprinzip schwingt nicht selten das Motiv der Verteilungsgerechtigkeit mit: Warum sollen (kommunale) Kläranlagen und damit die GebührenzahlerInnen für etwas zahlen, das andere „verursacht“ haben? Da aber nur die GebührenzahlerInnen selbst Abwassereinleitungen vornehmen, über deren Zusammensetzung sie letztlich auch entscheiden, stehen sie zweifelsfrei in der

---

<sup>35</sup> Siehe zu dieser grundlegenden rechtsökonomischen Figur der Auswahl eines „geeigneten“ Verursachers *Schäfer/Ott* (2005, S. 221 ff.). Die Figur des *cheapest cost avoiders* wurde von *Calabresi* (1972, S. 136 ff.) – gestützt auf Überlegungen von *Coase* (1960, S. 146 f.) und *Demsetz* (1974, S. 31 ff.) – entwickelt. Dabei wird danach gefragt, wer den Eintritt eines „Schadens“ mit dem geringsten Aufwand hätte verhindern können, der oder die „Schädiger“, der oder die „Geschädigten“ oder Dritte. Diese Person oder Personengruppe sollte zum Abwehraufwand veranlasst werden.

„Verursacherkette“ und setzen entscheidende Bedingungen dafür, dass Abwässer Mikroverunreinigungen enthalten. Ihre Heranziehung ist daher nicht a priori „ungerecht“. Allenfalls könnte hier die Zumutbarkeit der zusätzlichen Gebührenbelastung zu prüfen sein. Diese kann aber bei geeigneter Auswahl der Maßnahmenträger und der Technologie sowie einem hier zu diskutierenden Finanzierungszuschnitt in vertretbarem Umfang gehalten werden. Dass die Weitergabe zusätzlicher Kosten über Gebühren aus politischen Gründen gescheut wird, ist nachvollziehbar, kann aber hier kein durchgreifendes Argument sein.

Die Einschränkung schließlich, dass Kläranlagen nicht in der Lage sind, alle unerwünschten Substanzen zu eliminieren, adressiert eine Problemdimension, die allen Lösungsansätzen eigen sein dürfte: Auch die Entwicklung „grüner“ Chemikalien, die Aufklärung von VerbraucherInnen oder die dezentrale Behandlung von Abwasserteilströmen werden in Form einer isolierten Maßnahme die Herausforderung durch Mikroverunreinigungen nicht vollständig bewältigen können. Es bleibt daher festzuhalten, dass das Ziel einer Verringerung der Gewässerbelastung durch Mikroverunreinigungen eine pragmatische und breit gefächerte Vorgehensweise bzw. Strategie erfordert. Diese muss, ausgehend vom Vorsorgeprinzip, eine finanziell vertretbare, ökologisch wirksame sowie unter dem Gesichtspunkt der Verteilungsgerechtigkeit akzeptable Lösung gewährleisten. Die Aufrüstung ausgewählter zentraler Kläranlagen mit einer vierten Reinigungsstufe kann dabei nicht zuletzt aufgrund ihres vergleichsweise kurzfristigen Entlastungspotenzials und der relativ geringsten volkswirtschaftlichen Kosten einen sinnvollen Beitrag zu einer solchen Strategie darstellen.

Dabei ist allerdings eine sorgfältige Prüfung der Vor- und Nachteile der verfügbaren Technologien angezeigt, da Hinweise darauf bestehen, dass einige Behandlungsverfahren aufgrund des mit ihnen verbundenen hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs sich als so nachteilig erweisen können, dass die ökologischen Vorteile der Behandlung fragwürdig sind bzw. überkompensiert werden.<sup>36</sup> Eine Bewältigung der Herausforderung durch Mikroverunreinigungen für den Gewässerschutz zu Lasten anderer Umweltmedien kann freilich nicht das Ziel sein. Dem Entlastungsbeitrag durch Kläranlagen muss daher ein umfassender medien- bzw. sektorenübergreifender Analyse- und Bewertungsrahmen zugrunde gelegt werden.

Kommt eine entsprechende Prüfung, die allerdings an anderer Stelle zu leisten ist, zu dem Schluss, dass die Einführung einer vierten Reinigungsstufe nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch sinnvoll ist, kann die Umsetzung eines solchen Schrittes erwogen werden. Für diesen Fall werden nachfolgend Kosten und mögliche Finanzierungsbeiträge durch die Abwasserabgabe ermittelt. Die Ergebnisse einer derartigen Analyse hängen naturgemäß von verschiedenen Annahmen ab, unter deren Berücksichtigung sie auch zu bewerten sind. Hierzu zählen die Fragen, welche Kläranlagen aufrüstet werden sollen, welche Technologie dabei zum Einsatz kommt und auf welche Weise die Belastung des Abwassers durch Mikroverunreinigungen erfasst wird. Im Weiteren wird von folgendem Szenario ausgegangen:

**Auszubauende Anlagen:** Da die Kosten der Abwasserbehandlung pro Kubikmeter mit zunehmender Anlagengröße sinken bzw. mit abnehmender Anlagengröße steigen, empfiehlt sich eine Beschränkung auf große Anlagen. Im Folgenden wird ein Szenario betrachtet, in dem sich der Ausbau auf öffentliche Kläranlagen der Größenklasse 5 (> 100.000 angeschlossene EW) bezieht. Hierbei werden wiederum zwei gesonderte Teilszenarien betrachtet: Im **ersten Teilszenario** wird vom Vorliegen einer gesetzlichen Pflicht zur Aufrüstung ausgegangen, womit der Ausbau **sämtliche öffentliche Anlagen der Größenklasse 5** umfasst. Dies betrifft in

---

<sup>36</sup> Wenzel et al. (2008).

Deutschland gegenwärtig ca. 250 Anlagen, auf die etwa die Hälfte aller Einwohnerwerte bzw. der Abwassermenge in Deutschland entfällt.<sup>37</sup> Geht man davon aus, dass die einwohner- und gewerbespezifische Belastung des Abwassers mit Mikroverunreinigungen im Großen und Ganzen gleichmäßig über alle Größenklassen verteilt ist, würde durch eine solche Maßnahme folglich die Hälfte der gesamten Schadstofffracht erfasst. Im Falle der Umsetzung dieses Teilszenarios ist es allerdings sachlich naheliegend und daher wahrscheinlich, dass zusätzlich ausgewählte kleinere Kläranlagen in die gesetzliche Pflicht eingeschlossen werden, bei denen aufgrund regionaler Besonderheiten die Aufrüstung mit einer vierten Reinigungsstufe besonders dringlich erscheint (z. B. emissionsseitig infolge der Konzentration spezieller Industrien oder immissionsseitig im Bereich von Gewässern zur Trinkwassergewinnung). Der Umfang einer solchen Erweiterung der Zahl auszubauender Kläranlagen und die hieraus resultierenden zusätzlichen Kosten können gegenwärtig nicht abgeschätzt werden, würden aber die Kosten dieses ersten Teilszenarios entsprechend erweitern. Im **zweiten Teilszenario** werden Kosten und Finanzierungsoptionen schließlich für den Fall geprüft, dass keine gesetzliche Ausbaupflicht vorliegt und folglich nur ein Teil der Kläranlagen dieser Größenklasse eine vierte Reinigungsstufe **freiwillig** einführt – nämlich jener, bei dem die zu erwartenden finanziellen Vorteile (Investitionszuschüsse und ggf. sinkende Abgabeschuld) die Kosten (Investition und Betrieb) übersteigen.

**Behandlungstechnologie:** Das untersuchte Szenario ist grundsätzlich technologieoffen, worunter hier zu verstehen ist, dass bspw. keine Finanzierungsmodelle ausgewählt wurden, die einer bestimmten Technologie den Vorzug geben (etwa Ermäßigung der Abwasserabgabe bei erfolgter Ozonung). Gleichwohl ist z. B. im Kontext der Kostenschätzung schon aus Platzgründen eine Beschränkung der Untersuchung auf eine Auswahl der vielversprechendsten Behandlungstechnologien erforderlich. Den Empfehlungen der einschlägigen Literatur folgend wird die Analyse daher auf die beiden Verfahren Aktivkohleadsorption und Ozonung beschränkt. Eine Übertragung der entsprechenden Aussagen auf ein Ausbauszenario mit anderen Technologien ist folglich nicht zulässig.

**Erfassung der Belastung:** Die Erfassung der Belastung von Abwasser durch Mikroverunreinigungen ist vor allem im Hinblick auf die Finanzierungsmöglichkeiten durch die Abwasserabgabe von Bedeutung. Eine die Finanzierungsmöglichkeiten einschränkende Annahme bezieht sich auf den Umstand, dass aufgrund des Fehlens einer geeigneten Konvention und eines Überwachungsparameters für die Gesamtbelastung an Mikroverunreinigungen<sup>38</sup>, die diese Belastung mit anderen Abwasserbestandteilen vergleicht, eine direkte abgabenrechtliche Bewertung der Belastung im Ablauf analog zu den „klassischen“ Schadstoffen nicht durchführbar ist. Während sich die Abwasserabgabe etwa bei Phosphor oder CSB danach bemisst, wie viele Schadeinheiten im behandelten Abwasser verblieben sind, ist aufgrund des Fehlens einer geeigneten Messgröße eine sinnvolle Definition von Schadeinheiten nicht möglich. Mit anderen Worten, es lässt sich im Ablauf lediglich nachweisen, ob überhaupt noch Mikroverunreinigungen vorhanden sind oder nicht, eine Differenzierung der Abgabe nach einem Mehr oder Weniger ist hingegen praktisch bislang vielfach nicht durchführbar. Für die Erhebung eines verursachergerechten bzw. dem Schadstoffumfang entsprechenden Finanzierungsbeitrages durch die Abgabe müssen daher andere Wege gefunden werden.

---

<sup>37</sup> Daten von 2010. Statistisches Bundesamt (2013), S. 44, Spalten 1, 3 und 6.

<sup>38</sup> Im Fall der organischen Restfracht aus Kläranlagen gelten z. B. folgende Konventionen: 1) Organische Belastung ist das, was mit dem Parameter CSB nach der entsprechenden Analysevorschrift gemessen wird, und 2) 50 kg CSB entsprechen in ihrer Schadwirkung 3 kg Phosphor.

### 3. Technische Optionen

#### 3.1 Verfahren zur Entfernung von Mikroverunreinigungen und deren Überwachung

##### 3.1.1 Charakterisierung anthropogener Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen lassen sich aufgrund unterschiedlicher physikalisch-chemischer Eigenschaften nicht einer einzelnen Stoffgruppe zuordnen. Daraus resultieren unterschiedliche Anforderungen an sowie Möglichkeiten zu ihre(r) Elimination. Die Vielfalt der unter „Mikroverunreinigungen“ gefassten Substanzen wird als Basis der Beurteilung möglicher Behandlungs- und Überwachungskonzepte im Folgenden vorgestellt.

Unter Mikroverunreinigungen versteht man Substanzen, die in der aquatischen Umwelt in sehr geringen Konzentrationen (in Spuren) in der Größenordnung von Nano- bis Mikrogramm pro Liter (ng/l – µg/l) zu finden sind. Diese Spurenstoffe sind anthropogene Schadstoffe, die sich entsprechend ihres Verwendungszwecks und Einsatzgebietes verschiedenen Substanzklassen zuordnen lassen:<sup>39</sup>

- Human- und Tierarzneimittel (Röntgenkontrastmittel, Antibiotika, Arzneimittelwirkstoffe, Hormone),
- Haushaltschemikalien und Körperpflegemittel,
- Konservierungsmittel,
- Flammenschutzmittel,
- Isolationsmaterialien zur Energieeinsparung,
- Weichmacher zur Modifikation von Stoffeigenschaften,
- synthetische Duftstoffe,
- Industriechemikalien aus Produkten und Produktionshilfsmitteln sowie
- Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel.

Von einer akuten Gefährdung des Menschen wird aufgrund der sehr geringen Konzentrationen nicht ausgegangen, es ist allerdings nur ein Teil der Stoffe hinsichtlich der human- und ökotoxikologischen Wirkung untersucht. Eine langfristig schädigende Wirkung auf das Ökosystem wurde für manche Substanzen bereits nachgewiesen (z. B. die Verweiblichung bei Fischen durch hormonaktive Stoffe), außerdem stellt die unbekannte toxikologische Wirkung von Substanzgemischen eine Unsicherheit dar. Somit erscheint im Sinne des Vorsorgeprinzips eine weitergehende Eliminierung dieser Stoffe folgerichtig.<sup>40</sup>

Die Vielzahl der Einsatzgebiete und Anforderungen der Stoffe bedingt die zum Teil großen Unterschiede der Substanzeigenschaften, die sich in ungleichem Eliminationsverhalten in kommunalen Kläranlagen äußern. Diese Heterogenität erfordert ein Eliminationsverfahren, das eine gewisse Breitbandwirkung aufweist, um die Stoffe möglichst vollständig aus dem Abwasser zu entfernen.<sup>41</sup> Dennoch bleibt die spezifische Behandlungsleistung eines Verfahrens substanzabhängig. Sie hängt von den Eigenschaften des abzubauenen Stoffes ab:<sup>42</sup>

---

<sup>39</sup> DWA (2013), S. 26, 27. und Abegglen/Siegrist (2012), S. 14.

<sup>40</sup> Götz et al. (2011).

<sup>41</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 40.

<sup>42</sup> Biebersdorf/Kaub (2013), S. 12, 13.

- Molekülaufbau, -struktur und -größe,
- Polarität,
- Sorptionsverhalten und
- Abbaubarkeit/Persistenz.

So stellt zum Beispiel insbesondere die Eliminierung von Röntgenkontrastmitteln eine große Herausforderung dar, da diese Substanzen daraufhin konzipiert wurden, keine Reaktion im menschlichen Körper einzugehen, weshalb sie auch in der aquatischen Umwelt persistent und schlecht abbaubar sind.

### 3.1.2 Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen

Die stoffliche Vielfalt der von zentralen Kläranlagen zu eliminierenden Mikroverunreinigungen erfordert eine entsprechende Breitbandwirkung der eingesetzten Eliminationsverfahren. Auf kommunalen Kläranlagen kommen zur Elimination von Mikroverunreinigungen grundsätzlich oxidative, adsorptive und physikalische Verfahren in Frage (Abbildung 1). Eliminationsleistung, Betriebssicherheit, Wartungsaufwand, Kosten und sonstige Umweltwirkungen dieser Verfahren unterscheiden sich ebenso voneinander wie die örtlichen Voraussetzungen (vor Ort vorhandene Behandlungsinfrastruktur) ihrer Implementierung.

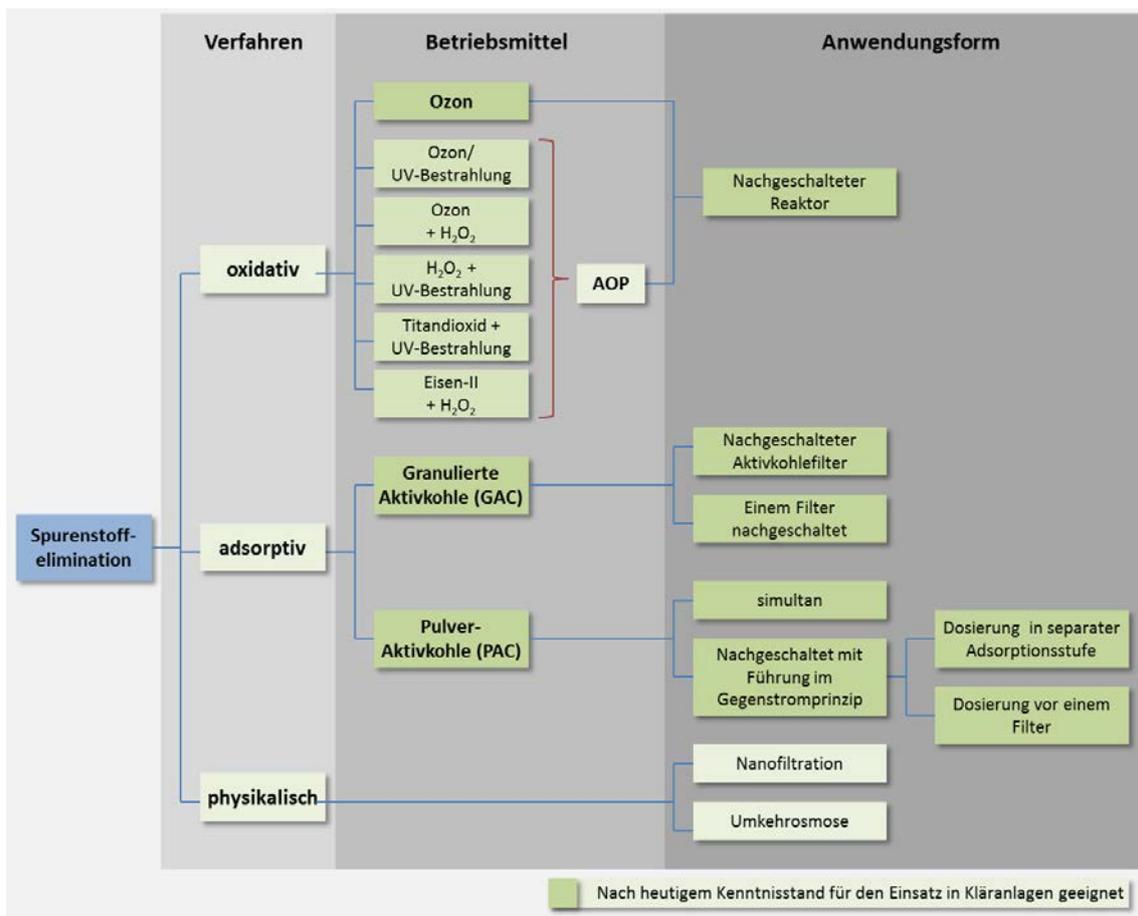


Abbildung 1: Verfahrensansätze zur Elimination von Mikroverunreinigungen (Biebersdorf/Kaub 2013, S. 14)

Die bisher vorliegenden Untersuchungen konzentrieren sich auf die Elimination von Mikroverunreinigungen auf kommunalen Kläranlagen. Hierfür gelten insbesondere die Verfahren der Aktivkohleadsorption und der Ozonung als der Nachklärung nachgeschaltete Reinigungsstufe als geeignet.<sup>43</sup> Zu beiden Verfahrensansätzen liegen großtechnische Erfahrungen vor, die Rückschlüsse auf den technisch/infrastrukturellen Aufbau, entstehende Kostenwirkungen (vgl. Abschnitt 3.2) und die Eliminationsleistung (vgl. Abschnitt 3.3) zulassen. Beide Verfahren werden im Folgenden näher vorgestellt.

Weitere Verfahrensansätze (z. B. AOP) und technologische Optionen für spezielle Einsatzbereiche, wie die Behandlung von Krankenhausabwasser, sowie die Einbettung der vierten Reinigungsstufe in Maßnahmenkombinationen werden in einem kurzen Exkurs in Abschnitt 3.1.2.5 andiskutiert.

### 3.1.2.1 Aktivkohleadsorption

Die Behandlung mit Aktivkohle basiert auf adsorptiven Mechanismen, wobei hauptsächlich zwei sich hinsichtlich Durchmesser, Einsatzort und Adsorptionskinetik unterscheidende Betriebsmittel (vgl. Tabelle 1) zum Einsatz kommen: Pulveraktivkohle (PAK) und granuliert Aktivkohle (GAK).

Tabelle 1: Gegenüberstellung PAK und GAK

	PAK	GAK
<b>Durchmesser<sup>44</sup></b>	0,05 mm	0,5-4 mm
<b>Einsatzform<sup>44</sup></b>	Rührreaktor (kontinuierliche Zugabe)	Festbettreaktor (Filter) (diskontinuierliche Zugabe)
<b>Preis<sup>44</sup></b>	1.400 €/mg, netto	1.250 €/mg, netto
<b>Wiederverwertbarkeit<sup>45</sup></b>	nicht wirtschaftlich	reaktivierbar

#### Pulveraktivkohle (PAK)

Bei der Verwendung von PAK zur Elimination von Mikroverunreinigungen kann auf zwei Verfahren zurückgegriffen werden, zu denen bereits großtechnische Erfahrungen vorliegen:<sup>46</sup>

- PAK-Filtration *mit Rückführung* der PAK und separatem Absetzbecken und
- PAK-Filtration im Filterüberstand oder im separaten Rührbehälter *ohne Rückführung*.

Im ersten Fall erfolgt durch eine Verfahrensführung im Gegenstromprinzip eine Mehrfachbeladung der PAK, wodurch eine höhere Eliminationsleistung pro eingesetzter Aktivkohle erreicht wird. Das Verfahren mit Rückführung ist indes apparativ aufwendiger zu realisieren.

Im zweiten Fall wird die PAK direkt dem Ablauf der Nachklärung zugegeben, so dass der Kontakt im Filterüberstand des nachgeschalteten Sandfilters stattfindet. Die sich hier

<sup>43</sup> Hillenbrand et al. (2014), S. 176, und Abegglen/Siegrist (2012), S. 9.

<sup>44</sup> Biebersdorf/Kaub (2013), S. 37.

<sup>45</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 43.

<sup>46</sup> Vgl. Böhler et al. (2011); Abegglen/Siegrist (2012); Metzger/Kapp (2008); Schwentner et al. (2013a), S. 40; Biebersdorf/Kaub (2013).

akkumulierenden Kohlepartikel werden im Zuge der Filterreinigung in die biologische Stufe der Abwasserbehandlung gespült, wodurch punktuell (im Spülintervall) eine zusätzliche Beladung stattfindet.

Beide PAK-basierte Verfahren benötigen eine nachgeschaltete Filtration, um die Kohlepartikel abzusondern, wobei der Einsatz von Fällungsmitteln unerlässlich ist, um einen Filterdurchbruch zu vermeiden.

Anzumerken ist, dass Verfahren mit bereits bestehender Flockungsfiltration durch geringen Aufwand mit einer weiteren Reinigungsstufe nachgerüstet werden können, um Mikroschadstoffe zu eliminieren.<sup>47</sup>

Die Eliminationsleistung der PAK-Adsorptionsverfahren hängt unter anderem von folgenden Aspekten ab:<sup>48</sup>

- der PAK-Dosiermenge und der Kontaktzeit,
- der Molekülstruktur und dem Adsorptionsverhalten der Mikroverunreinigungen,
- dem Gehalt der gelösten Restorganik des Abwassers und
- dem Ort der Dosierung.

Allgemein lassen sich die folgenden, wesentlichen positiven Nebeneffekte der PAK-Anwendungen aufzählen:<sup>49</sup>

- DOC- bzw. CSB-Ablaufkonzentrationen können gesenkt werden.
- Die Phosphor-Konzentration im Ablauf lässt sich reduzieren.
- Eine weitergehende Reduktion anderer Abwasserinhaltsstoffe wie Farbstoffe und Tenside sowie Geschmacks- und Geruchsstoffe kann realisiert werden.

#### PAK – Adsorption mit Rücklauf (Absetzbecken)

Das wesentliche Merkmal der PAK-Adsorption mit Rückführung liegt in der Mehrfachbeladung von Aktivkohle durch die verfahrenstechnische Führung im Gegenstromprinzip. Dabei findet der eigentliche Adsorptionsvorgang im Kontaktbecken statt, das dem Ablauf der Nachklärung nachgeschaltet ist. Dem Kontaktbecken wird als Adsorbens sowohl Frischkohle als auch bereits beladene Kohle aus dem nachfolgenden Absetzbecken zugeleitet. Der Abwasserstrom wird mitsamt beladener PAK nach einer bestimmten Kontaktzeit im Kontaktbecken weitergeleitet in das Absetzbecken, in dem die beladene PAK sedimentieren kann. Ein Teil der sich absetzenden Kohle wird als Rücklaufkohle in das Kontaktbecken zurückgeführt und weitergehend beladen. Ein anderer Teil wird entsprechend der Zulaufmenge der Frischkohle als Überschussschlamm aus dem Absetzbecken entnommen und der biologischen Reinigungsstufe (alternativ: der Vorklärung) zugeführt, in der die Überschussschlamm unter Ausnutzung ihrer Restadsorptionskapazität als Überschussschlamm aus dem System entfernt wird.

Die Abtrennung der PAK wird durch den Einsatz von Fällungsmitteln gewährleistet (Prinzip der Flockungsfiltration), wobei Restkohlepartikel, die nicht im Absetzbecken sedimentieren, durch die nachfolgende Filtration zurückgehalten werden. Dies muss jedoch keinen Mehrverbrauch

---

<sup>47</sup> Götz et al. (2012), S. 19.

<sup>48</sup> Luo et al. (2014), S. 630.

<sup>49</sup> VSA (2013).

an Fällungsmitteln bedeuten, da die Dosierung der Simultanfällung reduziert und in die vierte Reinigungsstufe verlagert werden kann. Der in der Filtration zurückbleibende Kohleschlamm wird im Zuge der Filterreinigung der biologischen Reinigungsstufe zugeführt.

Durch die beschriebene Mehrfachbeladung der PAK lässt sich das Beladungspotenzial möglichst gut ausnutzen, was sich gegenüber dem PAK-Verfahren ohne Rücklauf positiv auf die benötigte Menge an PAK bei vergleichbarer Eliminationsleistung auswirkt<sup>50</sup> – und damit Kosten spart. Dennoch ist der apparative Aufwand dieser Verfahrensführung aufwendiger.

Durch die Fällung eines Großteils der Partikel bereits im Absetzbecken kann die Belastung des nachfolgenden Filters reduziert werden. Allein durch die der biologischen Stufe nachgeschaltete Zugabe von Fällungsmitteln kann eine Reduktion des CSB realisiert werden.

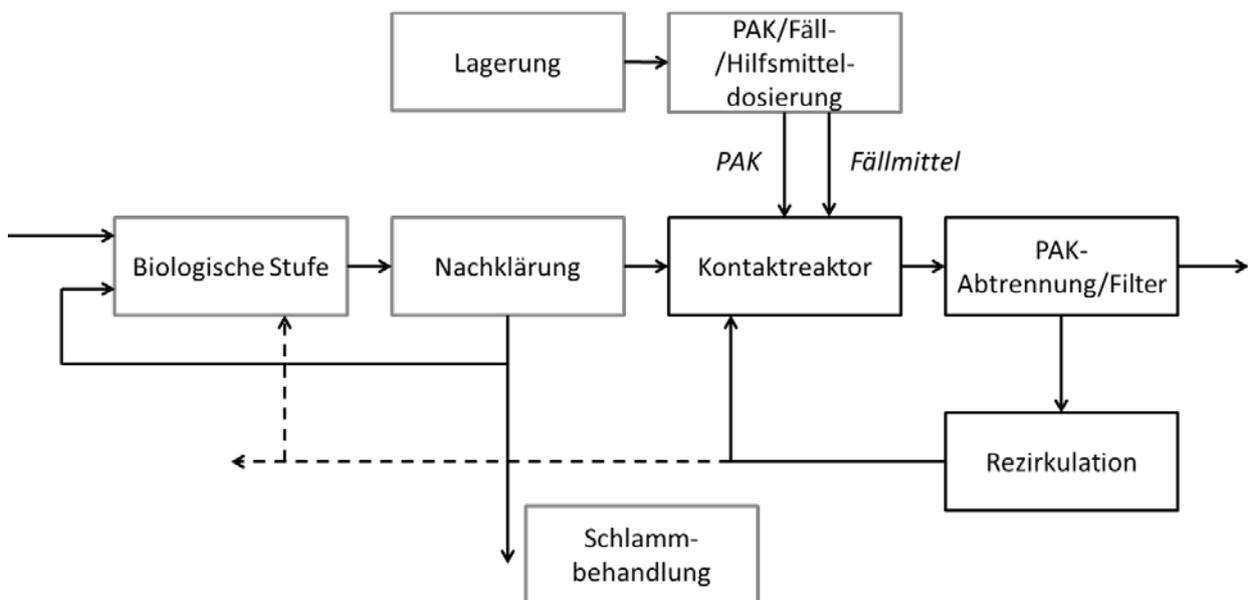


Abbildung 2: Prinzipskizze PAK-Einsatz mit Rücklauf  
(eigene Darstellung nach Abegglen/Siegrist 2012, S. 121)

Die Installation einer PAK-Adsorption mit Rücklauf bedarf der folgenden infrastrukturellen Komponenten (vgl. Abbildung 2):

- PAK-Silo,
- Hilfsmittel-Lagerung (Fällmittel) (jedoch meist bereits vorhanden),
- Kontaktreaktor,
- Sedimentationsbecken mit Rückführung (Kontaktbehälter und ggf. biologische Reinigungsstufe),
- nachgeschaltete Filtration (z. B. Sandfilter),
- Schlammbehandlung (Kohleschlamm i. d. R. mit der herkömmlichen Schlammbehandlung entsorgt),

<sup>50</sup> Böhler et al. (2011), S. 14.

- ein moderater Zusatzaufwand an MSR für die Dosierung, die entweder proportional zum Zulauf oder anhand gemittelter Tagesganglinie oder proportional zum DOC erfolgt,
- ein moderater zusätzlicher Aufwand an Sicherheitstechnik bei der Lagerung und beim Umgang mit der Aktivkohle für die Temperatur-Überwachung in den PAK-Silos und Kohlestaub-Schutz,
- Pumpen und Rohrleitungen müssen aufgrund möglicher Abrasionswirkungen der PAK speziell beschichtet werden.

PAK – Adsorption ohne Rücklauf (Filterüberstand oder separate Rührbehälter)

Im Verfahren der nachgeschalteten PAK-Adsorption ohne Rückführung erfolgt die Zugabe der PAK direkt in den Zulauf der Filtration. Der eigentliche Kontaktraum und damit Adsorptionsvorgang wird im Filterüberstand des nachgeschalteten Filters realisiert, wobei auch ein separates Mischen in einem der Filtration vorgeschalteten Rührbehälter denkbar ist. Die komplette Abtrennung der beladenen Aktivkohle erfolgt durch den Filter. Die Rückspülung in die biologische Stufe (Mehrfachbeladung) ist möglich. Durch fehlende Rückführung in das Kontaktbecken ist eine höhere PAK-Dosierung bei gleicher Eliminationsleistung gegenüber dem PAK-Verfahren mit Rückführung notwendig.

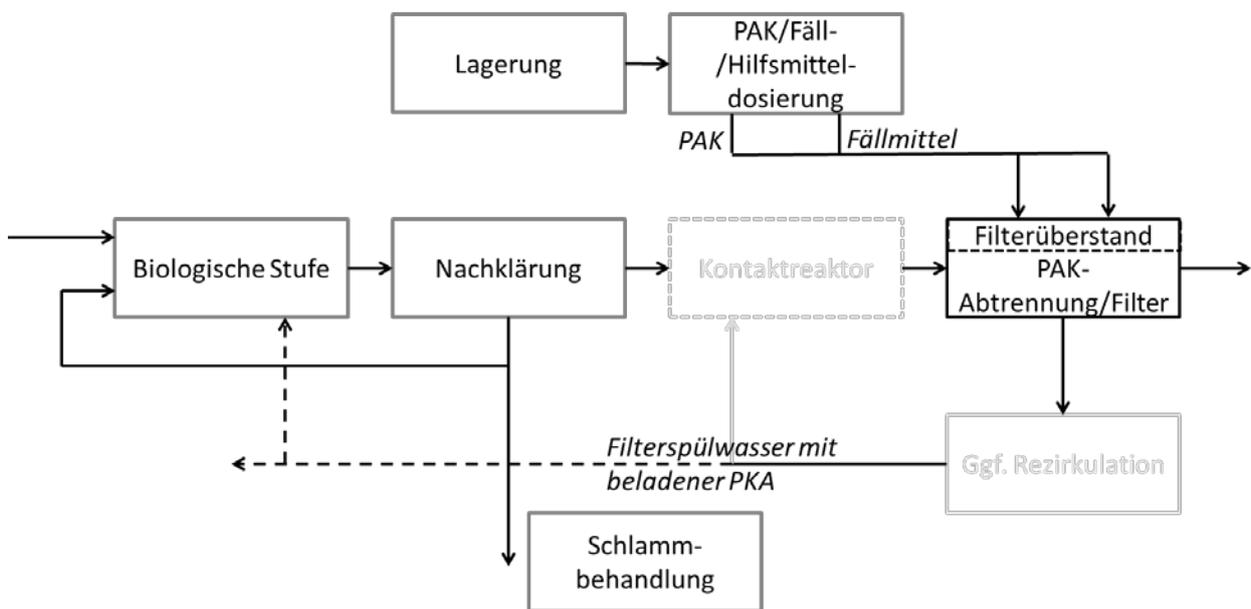


Abbildung 3: PAK-Dosierung im Ablauf der Nachklärung ohne Rücklauf (eigene Darstellung nach Türk et al. 2013, S. 114)

Die Installation einer PAK-Adsorption ohne Rücklauf bedarf der folgenden infrastrukturellen Komponenten (vgl. Abbildung 3):

- PAK-Silo,
- Sandfilter (ggf. Umrüstung eines bestehenden Flockungsfilters möglich),
- optional: separates Kontaktbecken,
- alternativ: Überstand des Sandfilters,

- Schlammbehandlung (Kohleschlamm wird i. d. R. mit der herkömmlichen Schlammbehandlung entsorgt),
- ein moderater Zusatzaufwand an MSR für die Dosierung, die entweder proportional zum Zufluss oder anhand gemittelter Tagesganglinie oder proportional zum DOC erfolgt,
- ein moderater zusätzlicher Aufwand an Sicherheitstechnik bei der Lagerung und beim Umgang mit der Aktivkohle für die Temperatur-Überwachung in den PAK-Silos und Kohlestaub-Schutz,
- Pumpen und Rohrleitungen müssen aufgrund möglicher Abrasionswirkungen der PAK speziell beschichtet werden.

#### Granulierte Aktivkohle (GAK) in nachgeschalteter Filtrationsstufe

Die Abwasserfiltration mithilfe einer auf GAK basierten Reinigungsstufe ist ein in der Trinkwasseraufbereitung und Deponiesickerwasserbehandlung seit geraumer Zeit etabliertes Verfahren. Die GAK-Filtration kann in die bestehende Filtration in Form einer Mehrschichtfiltration integriert werden. Dabei liegen die wesentlichen Vorteile der GAK-Filtration gegenüber der PAK in der Möglichkeit der Reaktivierung und der zusätzlichen Funktion als Filterkorn, um Feststoffe abzuscheiden. Die frische Kohle einer nachgeschalteten Festbettfiltration mit GAK weist eine sehr gute Adsorptionsfähigkeit auf. Mit zunehmender Laufzeit steigen die Ablaufkonzentrationen sukzessive (theoretisch bis zum Filterdurchbruch) an. Für Angaben zu realistischen Standzeiten, dem Reaktivierungsaufwand und der Wirkungsweise der GAK (Adsorption und ggf. Abbau durch Biofilm auf GAK) sind weitergehende Forschungsarbeiten notwendig.

Vorteile der GAK werden hinsichtlich folgender Punkte gesehen:

- GAK kann reaktiviert werden,
- sehr gute Adsorptionsfähigkeit bei frischer Kohle (Reduktion des CSB bis zu 45 %),
- ggf. Reduktion des partikulär gebundenen Phosphors,
- geringer Betriebs- und Wartungsaufwand und
- bei Ausstattung mit mehreren Filterzellen hohe Betriebssicherheit.

Als Nachteile einer GAK-Anwendung werden angeführt:

- relativ teuer und
- Durchbruchzeiten sehr unterschiedlich für Mikroverunreinigungen (ggf. geringe Standzeiten).

Die Installation einer GAK bedarf der folgenden infrastrukturellen Komponenten (vgl. Abbildung 4):

- Festbettfilter (üblicherweise), Wirbelbettfilter (seltener),
- Rückspülvorrichtung,
- ggf. Vorfiltration (je nach Feststoffbelastung bei Entwicklung eines Druckverlustes),
- MSR: geringer Aufwand.

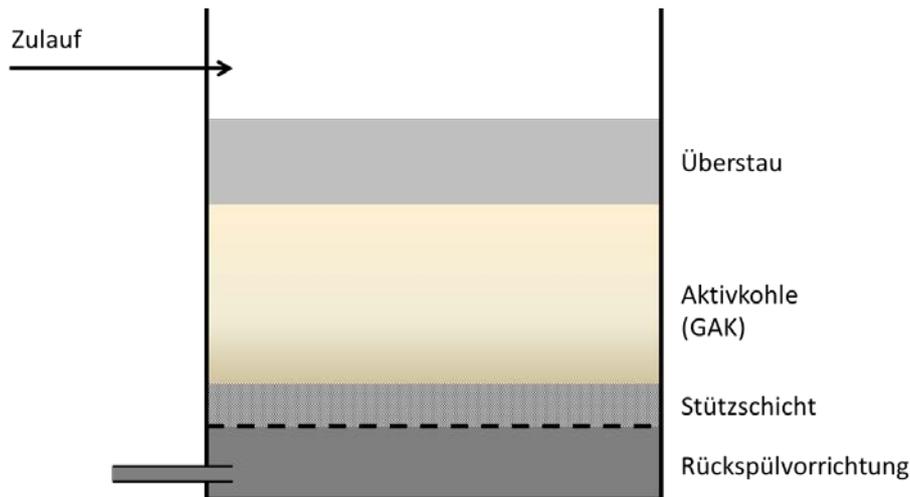


Abbildung 4: Bestandteile eines GAK-Filters  
(Abegglen/Siegrist 2012, S. 142)

### 3.1.2.2 Ozonung

Ozon wird seit geraumer Zeit als starkes Oxidationsmittel in der Trinkwasseraufbereitung als Desinfektionsmittel und zur Entfernung von Geruchs- und Geschmacksstoffen eingesetzt. Die zu eliminierenden Stoffe werden dabei i. d. R. nicht vollständig mineralisiert, sondern lediglich in vorwiegend unbekannte Oxidationsprodukte transformiert. Eine nachgeschaltete biologische Behandlung zur Entfernung ggf. entstehender toxischer Umwandlungsprodukte wird empfohlen (z. B. Sandfilter).<sup>51</sup> Ozon wird des Weiteren bei einigen der sogenannten AOPs (Advanced Oxidation Processes) zur Bildung von Hydroxyl-Radikalen eingesetzt (vgl. Abschnitt 3.1.2.5).

Zur Ozonerzeugung vor Ort existieren drei Möglichkeiten der Trägergasproduktion, von denen die Verfahren mit flüssigem Sauerstoff als am wirtschaftlichsten für Schweizer Abwasserbehandlungsanlagen bestimmt wurden (Sauerstoffrückgewinnung möglich).<sup>52</sup> Der Ozoneintrag kann über Diffusoren (Eintauchtiefe > 4 m) oder statische Mischer erfolgen. Der für die jeweilige Eliminationsleistung benötigte Ozoneintrag ist u. a. abhängig vom Hintergrundmaterial (DOC, Nitrit), insofern erweist sich eine stabile Vorbehandlung und Nitrifikation des Abwassers als wünschenswert, um Nebenreaktionen des Ozons zu vermeiden.

Die Installation einer Ozonung bedarf der folgenden infrastrukturellen Komponenten (vgl. Abbildung 5):

- Sauerstofftank,
- Verdampfer,
- Ozongenerator,
- Ozonungsreaktor (Röhrenreaktor) gasdicht,
- Restozonvernichter,

<sup>51</sup> Stalter et al. (2010), S. 2611.

<sup>52</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 99.

- MSR-Technik (Steuerung des Ozoneintrags entsprechend der Zuflussdynamik und der Abwasserzusammensetzung),
- Nachbehandlung (z. B. Sandfilter),
- Sicherheitstechnik: Ozongefährdete Räume sind mit Belüftung und Sensoren auszustatten; ferner sind Sicherheitsmaßnahmen bei der Handhabung von flüssigem Sauerstoff einzuhalten,
- alle eingesetzten Materialien müssen ozonbeständig sein: Reaktor (Beton), Rohrleitungen, Schläuche etc. (Edelstahl, Teflon, einige Kunststoffe).

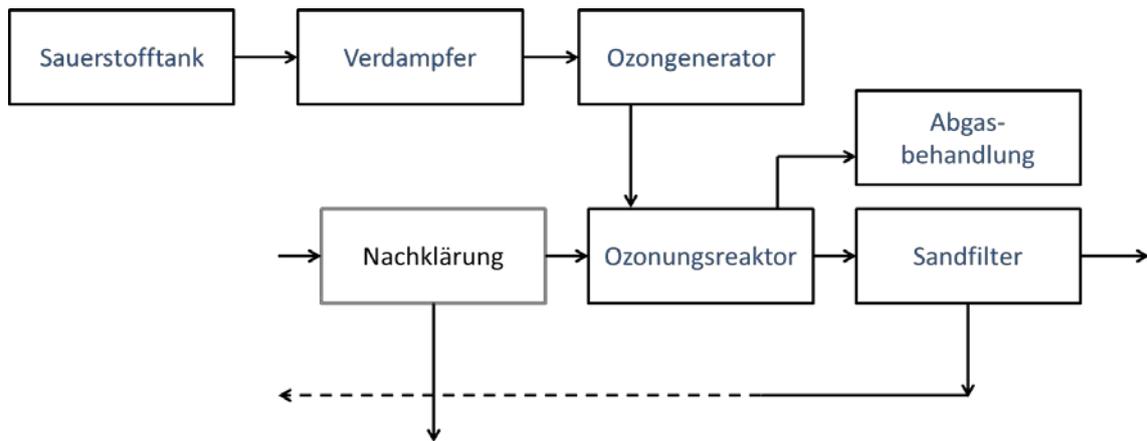


Abbildung 5: Schema einer Ozonungsanlage  
(eigene Darstellung nach *Abegglen/Siegrist* 2012, S. 97)

### 3.1.2.3 Vergleich Aktivkohle-Adsorption/Ozonung

Die genannten Verfahren werden nachfolgend einer vergleichenden Bewertung anhand folgender Kriterien<sup>53</sup> unterzogen:

- Breitbandwirkung,
- Nebenprodukte und Abfallbildung,
- Anwendbarkeit und
- Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Basierend auf verfügbaren Literaturangaben ergibt sich für die Behandlungsverfahren der Ozonung und Aktivkohleadsorption für die genannten Kriterien die in Tabelle 2 dargestellte Bewertung.<sup>54</sup>

<sup>53</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 40.

<sup>54</sup> Zur Einschätzung des Standes der Technik siehe *Barjenbruch et al.* (2014).

**Tabelle 2: Bewertung von Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen**

++ über 70 % Eliminierung  
 + über 25 % Eliminierung  
 0 keine signifikante Veränderung der Konzentrationen

	Ozonung	PAK-Adsorption mit Rücklauf	PAK-Adsorption ohne Rücklauf	GAK-Adsorption
Breitbandwirkung				
Pharmazeutika	++	++	++	Bisher wenige Erfahrungen. Eliminationsleistung abhängig von Kontaktzeit, Adsorptionseigenschaften und der Filterstandzeit.
Antibiotika	++	++	++	
Röntgenkontrastmittel	0/+	+	+	
Biozide/Pestizide <sup>55</sup>	+/**	+/**	+/**	
Korrosionsschutzmittel <sup>56</sup>	+/**	++	++	
Östrogene	++	++	++	
Pathogene	zusätzliche Desinfizierung	kein Effekt		unbekannt
Nebenprodukte/ Abfälle				
Nebenprodukte	Oxidationsprodukte: bedingen zusätzliche biol. Reinigungsstufe zudem: Bromat und Nitroso-Dimethylamin (NDMA) aber deutlich unter TW-Grenzwert	keine		
Abfälle	keine	zusätzlicher Schlamm, beladene Aktivkohle		Verbr. GAK (Reaktivierung mögl.)
Anwendbarkeit	+	+	+	+
Sicherheit/ Gefährdungspotenzial	Personalschulung notwendig (ein Tag); Gefährdungspotenzial aufgrund von Arbeit mit Ozon/flüssigem Sauerstoff	Atenschutz notwendig bei Arbeit mit PAK		
Nachbehandlung	Stufe mit biologischer Aktivität, um reaktive Oxidationsprodukte abzubauen (empfohlen) <sup>57</sup>	Filtration, um Kohlepartikel zurückzuhalten		keine
Notwend. Infrastruktur	siehe Kap. 3.1.2			
Kosten/Nutzen (Verfahren relativ untereinander)		größere Einsparpotenziale bzgl. der Abwasserabgabe		Kenntnisstand nicht ausreichend
Investitionskosten	+	-	(-)	
Betriebskosten	+	(-)	-	
(Jahreskosten)	+	-	-	
Sensitivitätsanalyse → Preissteigerung (5 = gut → 1 = schlecht) <sup>58</sup>	3	4	3	2

<sup>55</sup> Biozide/Pestizide: Atrazin, Carbendazim, Diazinon, Diuron, Irgarol, Isoproturon, Mecoprop, Terbutryn, aus *Abeggen/Siegrist* (2012), S.192, Anlage 3 – die Versuchsanlage in Lausanne ohne PAK-Rückführung, die EAWAG-Versuchsanlage entsprechend mit PAK-Rückführung.

<sup>56</sup> Korrosionsschutzmittel: Benzotriazol, Methylbenzotriazol.

<sup>57</sup> *Abeggen/Siegrist* (2012), S. 98.

<sup>58</sup> *Biebersdorf/Kaub* (2013), S. 41 ff.

DOC-Rückgang	etwa 7-10 % <sup>59, 60</sup>	40-50 % (10mg/l) 60-70 % (20mg/l) <sup>61</sup>	40 % (MBR + 8 mg/l PAC) 60 % (MBR + 23 mg/l PAC) <sup>62</sup>	40-80 % <sup>63, 64</sup>
P-Rückgang	kein P-Rückgang <sup>65</sup> (ggf. durch Sandfiltration) <sup>66</sup>	nach Sandfilter immer $P_{ges}$ -Werte < 0,1 mg/l von 0,45 mg/l (Schwellenwert liegt bei 0,1 mg/l) (durch Einsatz von Flockungsmittel) <sup>67, 68</sup> , P-Rückgang maßgeblich abhängig von (zusätzl.) Fällmitteldosierung, die zum PAK-Rückhalt gebraucht wird. „Bei bisher einstufiger Fällung kann die Fällmittelmenge mindestens um die in der PAK-Stufe dosierte Menge reduziert werden, um die bisherige Elimination aufrechtzuerhalten.“ <sup>69</sup>		
Zusätzlicher Stromverbrauch auf ARA <sup>70</sup>	0,05-0,1 kWh/m <sup>3</sup> (steigt um ca. 20-40 %)	0,01-0,04 kWh/m <sup>3</sup> (steigt um ca. 5 %)		0,01-0,05 kWh/m <sup>3</sup>
Primärenergieverbrauch <sup>71</sup>	0.3 kWh/m <sup>3</sup> (bei 3-5 g O <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> behandeltes Abwasser)	0,37 kWh/m <sup>3</sup> (bei 12-15g PAK/m <sup>3</sup> behandeltes Abwasser)		ab ca. 5000 BVT energetisch günstiger als PAK <sup>72</sup>

Eigene Darstellung nach *Abegglen/Siegrist* (2012)

Die Reinigungsleistung der beiden PAK-basierten Verfahren sowie der Ozonung ist abhängig von der Dosierung der Betriebsmittel, verhält sich aber mit den angegebenen mittleren Dosierungen weitgehend gleich und weist nur geringfügige Unterschiede in der Substanzspezifität aus. Die Ozonung liefert bessere Resultate für hydrophile, negativ-geladene Substanzen, die PAK-Adsorption demgegenüber für Substanzen ohne spezifisches reaktives Zentrum. Damit erweist sich Ozon als geringfügig substanzspezifischer, mit Eliminierungsraten von über 95 % bei reaktiven Spezies. Für den PAK-Einsatz wurde hingegen gezeigt, dass weniger Substanzen zu mehr als 95 %, gleichzeitig jedoch weniger Substanzen zu weniger als 80 % eliminiert wurden. Insbesondere die Röntgenkontrastmittel werden bei allen drei Verfahren nur zum Teil aus dem Abwasser entfernt, so dass ihre vollständige Eliminierung in

<sup>59</sup> *Abegglen et al.* (2009); S. 30.

<sup>60</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 108.

<sup>61</sup> *Metzger/Kapp* (2008), S. 9.

<sup>62</sup> *McArdell et al.* (2011), S. 52.

<sup>63</sup> Stark abhängig von den durchgesetzten Bettvolumina: Zu Beginn ist die DOC-Eliminierung noch sehr hoch, sie flacht aber sehr bald ab, da die Beladungskapazität der GAK mit zunehmender Standzeit abnimmt. Vgl. *Böhler et al.* (2012), S. 22.

<sup>64</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 147.

<sup>65</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 108.

<sup>66</sup> *Hollender et al.* (2009), S. 7862; *Hillenbrand et al.* (2014), S. 176.

<sup>67</sup> *Metzger/Kapp* (2008), S. 10.

<sup>68</sup> *Metzger/Röbler* (2011), S. 21.

<sup>69</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 132.

<sup>70</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 183.

<sup>71</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 183.

<sup>72</sup> Der Primärenergieverbrauch der GAK-Adsorption hängt maßgeblich vom durchgesetzten Bettvolumen (BVT) ab. Die Literaturangaben zum Energieverbrauch für die Herstellung und Regenerierung der Aktivkohle gehen weit auseinander und sind mit großen Unsicherheiten behaftet.

dieser Form nicht bewerkstelligt werden kann. Eine weitergehende Desinfizierung des Abwassers hinsichtlich der Pathogene leistet vor allem die Ozonung, die zu diesem Zweck bereits in der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt wird.

Die GAK-Adsorption gilt als geeignete Technologie zur Entfernung eines breiten Spektrums an Mikroverunreinigungen.<sup>73</sup> Die bisher nur begrenzt vorliegenden großtechnischen Erfahrungen, lassen derzeit jedoch noch keine abschließenden Aussagen zu möglichen Standzeiten und zum resultierenden Kosten-Nutzen-Verhältnis zu.<sup>74</sup> Während sich für einige Substanzen eine durchweg hohe bis sehr hohe Eliminierung durch den GAK-Filter beobachten lässt, ist laut Böhler et al. „eine wirtschaftliche Elimination in der aufgezeigten Anwendung durch reine Adsorption [an GAK] nicht möglich“.<sup>75</sup> Grund hierfür ist die für manche Substanzen zu kurze Filterdurchbruchzeit, die mittelfristig keine effektive Eliminierung aller im Abwasser befindlichen Mikroverunreinigungen zulässt. Es gibt allerdings bereits Bestrebungen, einen Einsatz von GAK-Filtern als biologische Nachbehandlung in Kombination mit der Ozonung zu untersuchen.<sup>76</sup>

Während aktivkohlebasierte Verfahren die Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser entfernen, kann der Einsatz von Ozon zur Bildung unbekannter und/oder unerwünschter Transformationsprodukte führen. „Befürchtungen, wonach aufgrund der Stoffumwandlung problematische Reaktionsprodukte gebildet werden, erwiesen sich in den Pilotversuchen jedoch als unbegründet. Direkt nach der Ozonung konnte vereinzelt eine Zunahme der Toxizität nachgewiesen werden, die aber im abschließenden Sandfilter wieder reduziert wurde.“<sup>77</sup> Bei einem relevanten Anteil von Industrieabwasser ist jedoch die Reaktion von Ozon mit spezifischen Schadstoffen zu prüfen, um problematische Reaktionsprodukte zu vermeiden. Dem stehen bei den aktivkohlebasierten Verfahren ein erhöhter Schlammanfall und die Notwendigkeit der Entsorgung der beladenen Aktivkohle gegenüber.<sup>78</sup>

Alle Verfahren zeichnen sich durch eine gute Anwendbarkeit bzw. Integrationsfähigkeit in bestehende Anlagenbestände aus. Die bestehende Infrastruktur der aufzurüstenden Kläranlage beeinflusst den notwendigen Aufwand der Umrüstung und damit deren Kosten. Auf die Kosten der Ausstattung der kommunalen Kläranlagen der GK 5 in Deutschland wird in Abschnitt 3.2 gesondert eingegangen. Festzustellen ist ferner, dass bei gegebener Dosierung Ozonung und PAK-basierte Verfahren eine vergleichbare Abhängigkeit von Preissteigerungen aufweisen. PAK-Verfahren mit Rückführung werden als am wenigsten anfällig bewertet, da sich durch die Mehrfachbeladung der PAK gegenüber dem PAK-Verfahren ohne Rücklauf die benötigte Menge an PAK reduzieren lässt. Die Einführung der vierten Reinigungsstufe wird zu einem zusätzlichen Stromverbrauch auf der Kläranlage und infolge dessen zu erhöhten Betriebskosten führen. Der Primärenergieverbrauch der Verfahren hingegen ist bezüglich ihrer Ökobilanz wichtig. Hierbei weisen Aktivkohleverfahren aufgrund der thermischen Behandlung einen erhöhten Primärenergieverbrauch auf.

---

<sup>73</sup> Vgl. Böhler et al. (2011), Biebersdorf/Kaub (2013); TU Dortmund (2008); STOWA (2010).

<sup>74</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 44.

<sup>75</sup> Böhler et al. (2012), S. 23.

<sup>76</sup> Reungoat et al. (2012), S. 863.

<sup>77</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 42.

<sup>78</sup> Schwentner et al. (2013b), S. 29, Hillenbrand et al. (2014), S. 177.

Der Beurteilung der Eliminationsleistung liegen die in Abschnitt 3.3. dargestellten Literaturlauswertungen zugrunde. Neben der Reduzierung der Mikroverunreinigungen können zusätzliche Reinigungseffekte bezüglich der DOC- bzw. CSB- und Phosphor-Ablaufwerte erzielt werden. Während die Ozonung nur geringfügig zu einem DOC-Rückgang durch die anschließende Filtration führt, können durch Einsatz der PAK je nach Verfahrensaufbau die DOC-Ablaufwerte deutlich reduziert werden (vgl. Tabelle 12). Durch den Einsatz von Fällmitteln zur PAK-Abtrennung können auch die Phosphor-Ablaufwerte gesenkt werden, wobei hierzu nur wenig Literatur vorliegt. In Abschnitt 6.2 wird untersucht, inwiefern diese zusätzlichen Eliminationseffekte (CSB,  $P_{ges}$ ) eine Reduzierung der Abwasserabgabe ermöglichen.

### 3.1.2.4 Zwischenfazit

Beide Verfahren (Ozonung und Aktivkohleadsorption) eignen sich zur Nachrüstung kommunaler Kläranlagen und sind mit Blick auf die erzielbare Eliminationsleistung in weiten Teilen als vergleichbar einzuordnen. Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der Substanzspezifität, der Art und des Umfangs erzielbarer zusätzlicher Eliminationsleistungen (CSB,  $P_{ges}$  und pathogene Keime), der anfallenden Nebenprodukte und Abfälle sowie der entstehenden Kosten.<sup>79</sup>

Die Kosten der Umrüstung kommunaler Kläranlagen (vgl. Abschnitt 3.2) werden durch die vor Ort bereits vorhandene Infrastruktur beeinflusst (vgl. Abbildung 6). Für die Ozonung können ggf. vorhandene Sandfilter und sonstige freie Beckenvolumina genutzt werden.

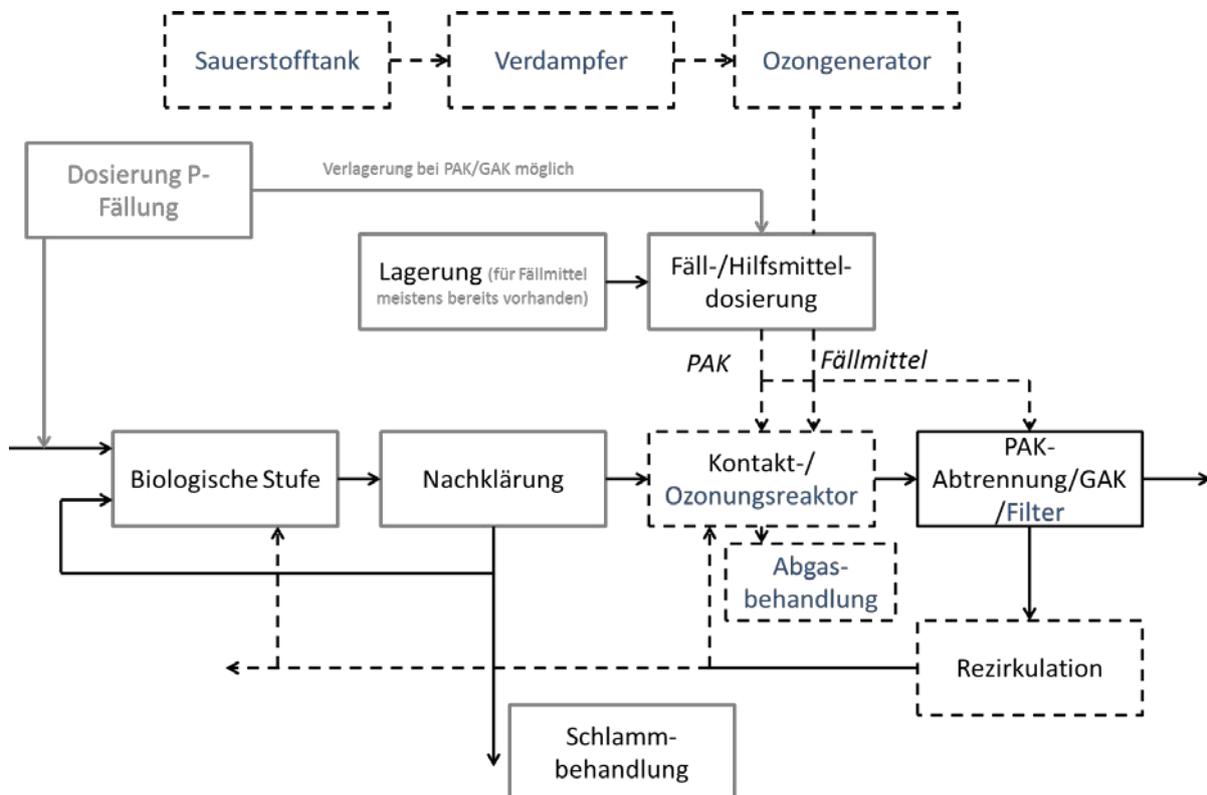


Abbildung 6: Integration der vierten Reinigungsstufe in den Infrastrukturbestand kommunaler Kläranlagen (eigene Darstellung)

<sup>79</sup> Margot et al. (2013), S. 494 f.

Dies gilt in gleichem Maße für die Aktivkohleanwendung. Bei letzterer können ggf. zusätzlich bereits vorhandene Lager- und Dosieranlagen genutzt werden und der für die P-Fällung notwendige Fällmitteleinsatz reduziert werden. Inwieweit entsprechende Kosteneinsparungen durch bereits vorhandene Infrastruktur erschlossen werden können, hängt von den örtlichen Rahmenbedingungen ab. Folglich können sich auch die Kosten einer Umrüstung für bestimmte Anschlussgrößen und zu eliminierende Verbindungen deutlich voneinander unterscheiden.

Die konkrete Auswahl eines bestimmten Verfahrens hängt außer von der speziellen lokalen Belastung des Abwassers hinsichtlich Mikroverunreinigungen somit vor allem von der bestehenden Infrastruktur der Kläranlage und dem damit verbundenen Aufwand für deren Nachrüstung ab. Somit kann an dieser Stelle in technologischer Hinsicht keine generelle Empfehlung für ein bestimmtes Verfahren abgegeben werden, wenngleich die PAK-basierten Verfahren durch ihre positiven Nebeneffekte hinsichtlich der DOC- und  $P_{ges}$ -Reduktion geringfügige Vorteile gegenüber der Ozonung zu haben scheinen. Da der Primärenergieverbrauch und die Kosten beider Verfahren signifikant sind, muss trotz guter Eliminationsleistung die Verhältnismäßigkeit der zusätzlichen Reinigungsstufe hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Relation bezüglich des Umwelteinflusses geprüft und beobachtet werden. Für die Aktivkohleadsorption ist bei entsprechenden Bilanzierungen der Umwelteinfluss der Gewinnung, Herstellung, des Transports und der Entsorgung der Aktivkohle zu berücksichtigen.

### 3.1.2.5 Weiterführender Exkurs zu technischen Optionen bzw. Maßnahmenkombinationen zur Reduktion des Eintrages von Mikroverunreinigungen in Gewässer

Neben den genannten Verfahren der Aktivkohleadsorption und Ozonung lassen sich als weitergehende oxidative Verfahren die sogenannten AOPs (Advanced Oxidation Processes) anführen (vgl. Abbildung 1), die mithilfe verschiedener Stoff- und Verfahrenskombinationen eine verstärkte Bildung von Hydroxyl-Radikalen hervorrufen. Denkbar sind hier zum Beispiel UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, UV/TiO<sub>2</sub>, Ozon/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und andere. Durch die verstärkte Bildung von Hydroxyl-Radikalen und deren hohe Reaktivität lässt sich eine Vielzahl von Verbindungen weitgehend unselektiv entfernen. Allerdings sind diese Verfahren für einen großtechnischen Einsatz auf kommunalen Kläranlagen gegenüber der Ozonung oder den Aktivkohleverfahren bisher zu energieintensiv und zu teuer.<sup>80</sup> Anwendung finden sie jedoch beispielsweise bei der Behandlung von Krankenhausabwasser.<sup>81</sup>

Des Weiteren stellen Membrantechnologien als physikalische Trennverfahren eine Option zur Beseitigung von Mikroverunreinigungen dar (vgl. Abbildung 1). Während Mikro- und Ultrafiltration als poröse Membranverfahren bereits in der kommunalen Abwasserbehandlung zum Einsatz kommen, werden zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen sogenannte dichte Membranen in Form einer Nanofiltration oder Umkehrosmose benötigt. Neben Feststoffen werden hier auch gelöste Stoffe und Ionen selektiv entsprechend der Membraneigenschaften zurückgehalten. Das Abwasser muss unter Druck durch die Membran gepumpt werden, wobei sich das zurückgehaltene Wasser (Retentat) nur bis zu einem gewissen Grad aufkonzentrieren lässt. Bei diesem Verfahren fällt folglich ein Konzentrat-Rückstand an, dessen Weiterbehandlung und Entsorgung gewährleistet werden muss. Während durch membranbasierte Verfahrenstechnik eine sehr hohe Ablaufqualität realisiert werden kann, ist der Einsatz solcher Verfahren mit hohen Kosten und hohem Energieeinsatz verbunden, weswegen sich das Verfahren derzeit nicht zur weitreichenden Implementierung eignet.

---

<sup>80</sup> Abegglen/Siegrist (2012), S. 45 f.

<sup>81</sup> Pills (2012).

Auch die Zugabe von Ferrat als Oxidationsmittel zur Entfernung von Mikroverunreinigungen wird derzeit im Labormaßstab untersucht. Auf die Verfahrensführung der Kombination von Ozonung und biologischer Aktivkohle (BAC) wurde bereits im Abschnitt 3.1.2.1 hingewiesen. Hierbei bildet sich auf granulierter Aktivkohle im nachgeschalteten GAK-Filter ein Biofilm, der entstehende Oxidationsprodukte und Reststoffe des Abwassers weiter abbauen kann. Da das Filtermaterial über Jahre weder rückgespült noch ausgetauscht werden muss, halten sich Rohstoff- und Energiekosten stark in Grenzen. Mit dieser Verfahrensführung wurden bereits erste Erfahrungen gesammelt,<sup>82</sup> die noch weiter ausgebaut werden müssen.<sup>83</sup>

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wird zur Verminderung des Eintrags von Mikroschadstoffen in die Gewässer nur die Implementierung einer vierten Reinigungsstufe auf zentralen Kläranlagen betrachtet. Damit kann kommunales Abwasser als wichtiger Eintragspfad von Mikroverunreinigungen in Gewässer mit einer *End-of-pipe*-Lösung erfasst werden. Dem stehen andere Eintragspfade und Minderungsmaßnahmen gegenüber, die derzeit in einem gleichnamigen Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes untersucht werden. Die Projektergebnisse<sup>84</sup> weisen die vierte Reinigungsstufe als kosteneffiziente Maßnahme zur Reduzierung von Emissionen von Mikroverunreinigungen aus. Gleichzeitig wird die Bedeutung von Maßnahmenkombinationen zur umfassenden Reduzierung des Eintrags hervorgehoben.<sup>85</sup> Dazu zählen auch verschiedene quellenorientierte Maßnahmen, wenngleich deren Wirkung bzw. Umsetzung teilweise als begrenzt eingeschätzt wird.

### 3.1.3 Überwachung der Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen

Die Beurteilung des Wirkungsgrades verschiedener Verfahren zur Beseitigung von Mikroverunreinigungen bedarf einer entsprechenden Bemessungsgrundlage, deren stoffliche Charakterisierung der Stoffvielfalt an Mikroverunreinigungen (vgl. Abschnitt 3.1.1) gerecht werden muss.

*Jekel/Dott* (2013) schlagen verschiedene Leitstoffe als Indikatoren bestimmter Substanzgruppen mit vergleichbarer Charakteristik vor, die zum Monitoring anthropogener Veränderungen der Wasserqualität sowie zur Überwachung und Steuerung natürlicher Prozesse und technischer Aufbereitungsverfahren herangezogen werden können. Die Bewertung der Wasserqualität geht hier nicht als Zielgröße ein. Folgende Anforderungskriterien an mögliche Leitstoffe werden beschrieben:

- Die Stoffe sollten dauerhaft in Konzentrationen erheblich über der Bestimmungsgrenze vorliegen.
- Die Indikatoren sollten mit vertretbarem Aufwand analytisch empfindlich nachweisbar und gut quantifizierbar sein (hier überwiegend: Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung – LC-MS).
- Die Stoffe sollen merkliche bis hohe chemische und biologische Persistenz aufweisen.
- Das Verhalten der Indikatorsubstanzen in natürlichen Kompartimenten des Wasserkreislaufs sollte bekannt sein.

---

<sup>82</sup> *Reungoat et al.* (2012).

<sup>83</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 44.

<sup>84</sup> *Hillenbrand et al.* (2014), S. 22.

<sup>85</sup> Siehe auch *Grünebaum et al.* (2014).

Human- oder ökotoxikologische Kriterien finden hingegen bei *Jekel/Dott* (2013) bei der Auswahl der Indikatoren bzw. Leitstoffe keine Berücksichtigung.

In Abhängigkeit vom Behandlungsprozess schlagen *Jekel/Dott* (2013) die in Tabelle 3 aufgelisteten Indikatorensets zur Beurteilung der Eliminationsleistung bzgl. Mikroverunreinigungen vor.

Tabelle 3: Indikatoren für die Beurteilung der Eliminationsleistung bzgl. Mikroverunreinigungen

<b>Biologische Abwasserbehandlung</b>		
<b>Biologischer Abbau</b>	<b>Indikator</b>	<b>Weitere Stoffvertreter</b>
Unter 10 %	Acesulfam	Carbamazepin, EDTA, MTBE
30–80 %	Benzotriazol	Sulfamethoxazol, Bezafibrat, nicht geeignet: Diclofenac
Über 95 %	Ibuprofen	Koffein, Bisphenol A
<b>Aktivkohleadsorption (Adsorbierbarkeit an Aktivkohle)</b> <b>Als geeigneter Begleit- und Kontrollparameter: Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK<sub>254</sub>) → Ermittlung der Korrelation zwischen rel. UV-Abnahme und rel. Abnahme der Spurenstoffe</b>		
Sehr gut bis gut	Benzotriazol	Carbamazepin, Diclofenac
Mittel bis schlecht	Acesulfam	Sulfamethoxazol, Röntgenkontrastmittel, Primidon
Nicht adsorbierbar	EDTA	MTBE, ETBE
<b>Ozonung</b>		
> 10 <sup>4</sup> (hoch)*	Carbamazepin (Diclofenac)	Sulfamethoxazol, Clarithromycin, Estron, Estradiol, Erythromycin, Iso-Nonylphenol, Roxithromycin, Trimethoprim
10–10 <sup>4</sup> (mittel)*	Benzotriazol (Acesulfam)	Atenolol, Bezafibrat, Isoproturon, Mecoprop, Metoprolol, Sotalol
< 10 (niedrig)*	Nicht erforderlich	Röntgenkontrastmittel, Atrazin, Clofibrinsäure, Diuron, Ibuprofen

\* Reaktionskonstante bei pH 7 in l/mol·s  
Eigene Darstellung nach *Jekel/Dott* (2013), S. 1339 ff.

*Götz et al.* (2012) empfehlen für eine grobe Belastungsabschätzung von Gewässern die folgenden Stoffe, die mit relativ kleinem analytischen Aufwand bestimmt werden können, weit verbreitete Mikroverunreinigungen darstellen, z. T. langlebig sind und nicht oder nur ungenügend in Kläranlagen abgebaut werden:

- Benzotriazol,
- Carbamazepin,
- Diclofenac,
- Mecoprop,
- Sulfamethoxazol.

Gemäß *Götz et al.* (2012) eignet sich diese Stoffauswahl für die Beurteilung verschiedener Verfahren. Simultanmessungen dieser fünf Indikatorsubstanzen sind möglich. Der Publikation

*Götz et al.* (2012) sind weiterhin eine Diskussion weiterer Leitsubstanzen, Vorschläge für eine analytische Messmethode und immissionsorientierte Bewertungsansätze zu entnehmen.

Wie in *Gawel et al.* (2014) ausgeführt, lässt sich zusammenfassend feststellen, dass „die Aufnahme eines Schadparameters für Mikroverunreinigungen in das Abwasserabgabengesetz“ derzeit noch nicht umsetzbar ist. Dies begründet sich zum einen in der noch nicht abgeschlossenen Diskussion um „als Leitparameter geeignete Stoffe“, zum anderen in der noch nicht abgeschlossenen „internationalen Normenentwicklung von Analyseverfahren“.<sup>86</sup> Dementsprechend kann an dieser Stelle kein abschließender Vorschlag für einen Leitparameter oder ein Leitparameterset zur Beurteilung der Eliminationsleistung einer vierten Reinigungsstufe bzw. der Schädlichkeit des eingeleiteten behandelten Abwassers unterbreitet werden.

### 3.2 Kosten der Eliminierung von Mikroverunreinigungen

Zur Abschätzung der mit der Implementierung von Maßnahmen zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen verbundenen Kosten liegen mehrere Studien vor,<sup>87</sup> deren Auswertung die Basis der Ableitung der folgenden Kostenkenngrößen bildet. Die Kostenangaben der einzelnen Studien wurden auf Vergleichbarkeit geprüft. Der Abschätzung der notwendigen Aufwendungen für die Nachrüstung der kommunalen Kläranlagen der GK 5 in Deutschland wurden die von *Mertsch et al.* (2013) ermittelten Kostenfunktionen zugrunde gelegt. Bezüglich der Behandlungsverfahren wird zwischen Ozonung und Aktivkohleadsorption (PAK) differenziert. Einige Kläranlagen verfügen bereits über eine vor- oder nachgeschaltete Filtration. Um die Anlagen und Verfahren vergleichbar zu machen, werden die Kosten für die Filtrationstechnik separat ermittelt und nicht in die folgenden Rechnungen für die Behandlungsverfahren einbezogen, sondern nachfolgend addiert. Finanzielle Fördermittel öffentlicher und privater Investoren werden bei den Kostenbetrachtungen nicht berücksichtigt.

Die nachfolgenden Berechnungen beziehen sich auf die 247 Kläranlagen der GK 5 in Deutschland.<sup>88</sup> Die Berechnungen basieren auf den folgenden Grundkennzahlen:

- Gesamtjahresabwassermenge: 4.4 Mrd. m<sup>3</sup>
- Bezugsjahr: 2012
- Gesamtausbaugröße der Anlagen: 76.551.834 EW
- Durchschnittliche Nominalauslastung: 74 %
- Anlagen mit vorhandener Sandfiltration: 44 Anlagen<sup>89</sup>

Die Kostenschätzungen erfolgen für Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten. An einem ausgewählten Anlagenbeispiel wird der Einfluss der örtlichen Rahmenbedingungen auf die anlagenspezifischen Kosten der Implementierung einer vierten Reinigungsstufe exemplarisch veranschaulicht. Die Berechnungen gehen dabei von einem unveränderten Anlagenbestand und damit verbundenen Kosten aus. Effekte wie eine mögliche Reduzierung des

---

<sup>86</sup> *Gawel et al.* (2014), S. 240 ff.

<sup>87</sup> Vgl. *Mertsch et al.* (2013); *Schwentner et al.* (2013b); *Türk et al.* (2013).

<sup>88</sup> UBA (2014).

<sup>89</sup> UBA (2014). Es liegen nicht für jede der 247 Kläranlagen Angaben zum Vorhandensein einer Sandfiltration vor. Ist keine Angabe vorhanden, wird für die nachfolgenden Berechnungen davon ausgegangen, dass keine Sandfiltration vorhanden ist.

Fällmitteleinsatzes für die P-Fällung bleiben unberücksichtigt. Damit sei an dieser Stelle auch auf grundsätzlich bestehende Möglichkeiten hingewiesen, Bau und Betrieb der bestehenden Infrastruktur an eine vierte Reinigungsstufe anzupassen und hierbei Kosteneinsparungen zu erzielen.

### 3.2.1 Investitionskosten

Mertsch et al. (2013) werten Untersuchungen zur Effizienz des Einsatzes unterschiedlicher Verfahren zur Mikroschadstoffelimination im halb- oder großtechnischen Maßstab auf kommunalen Kläranlagen in Deutschland und der Schweiz sowie Studien in Bezug auf die Verfahrenstechnik und Referenzkosten aus. Nach einer Kostenglättung und Regressionsanalyse für die Ozonung und die Aktivkohlebehandlung leiten sie Kostenfunktionen sowohl für die Investitions- als auch für die Betriebskosten ab.

Herausgearbeitet wurden Investitionskostenfunktionen ( $y_{\text{Ozon};\text{Invest}}$  und  $y_{\text{PAK};\text{Invest}}$ ) und Funktionen für die spezifischen Gesamtinvestitionskosten ( $y_{\text{Ozon};\text{Spezifisch}}$  und  $y_{\text{PAK};\text{Spezifisch}}$ ). Die Investitionskosten werden zusätzlich strukturiert nach Baukosten, Maschinenteknik und Elektrotechnik.<sup>90</sup>

Funktion (1):  $y_{\text{Ozon};\text{Invest}} = 2.152 * x^{0,4468}$

Funktion (2):  $y_{\text{Ozon};\text{Spezifisch}} = 117,34 * x^{-0,53}$

Funktion (3):  $y_{\text{PAK};\text{Invest}} = -2 * 10^{-10} * x^2 + 0,2208 * x + 2 * 10^6$

Funktion (4):  $y_{\text{PAK};\text{Spezifisch}} = 66,268 * x^{-0,43}$

Die Investitionskosten für die Anwendung von Ozon und PAK lassen sich bei Anwendung der Funktionen (1) bzw. (3) gemäß Abbildung 7 darstellen. Deutlich wird die Abhängigkeit von der zu behandelnden Jahresabwassermenge bei der Installation einer PAK-Anlage. Die Investitionskosten für die Abwasserbehandlung mit Ozon werden im Gegensatz dazu weniger von der zu behandelnden Jahresabwassermenge beeinflusst.

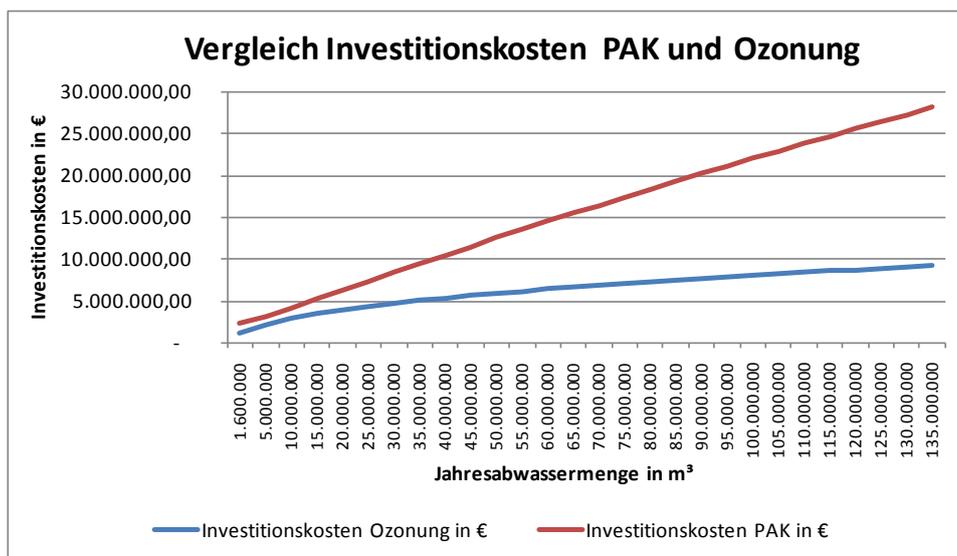


Abbildung 7: Vergleich der Investitionskosten zwischen PAK-Adsorption und Ozonung (eigene Darstellung auf Grundlage von Mertsch et al. 2013, S. 33, 18)

<sup>90</sup> Mertsch et al. (2013), S. 33, 19.

Die Investitionskosten können ebenfalls als spezifische Kennzahl (Investitionskosten pro Kubikmeter Abwasser) über die Funktionen (2) bzw. (4) dargestellt werden. Erkennbar wird in Abbildung 8, dass speziell für die Anwendung von Ozon die spezifischen Gesamtinvestitionskosten bereits bei ca. 30.000 EW unter  $0,50 \text{ €/m}^3$  liegen, wohingegen die spezifischen Gesamtinvestitionskosten für die PAK-Behandlung erst ab 87.000 EW diesen Bereich erreichen. Dies deutet zunächst darauf hin, dass die Ozonung das kostengünstigere Behandlungsverfahren darstellt.

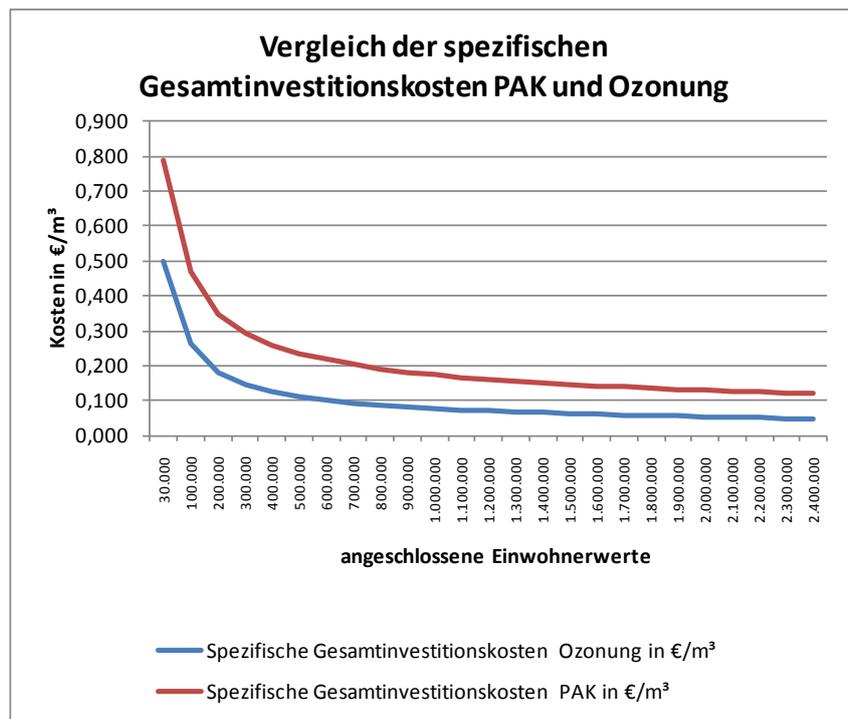


Abbildung 8: Vergleich der spezifischen Gesamtinvestitionskosten ab GK 5 zwischen PAK-Adsorption und Ozonung (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 21)

Die dargestellten Kostenfunktionen stellen jeweils den Zusammenhang zwischen Anlagengröße und Kostenanfall dar. Demgegenüber entfalten örtliche Rahmenbedingungen Kostenrelevanz und können bei gleicher Anlagengröße zu differenziertem Kostenanfall führen. So zeigt die Analyse der von *Mertsch et al.* (2013) untersuchten Anlagen für gleiche Anlagengrößen erhebliche Kostenunterschiede bei der Umsetzung der vierten Reinigungsstufe auf (vgl. Abschnitt 3.2.3). Letzteres kann auch darin begründet sein, dass die Kostendaten aus großtechnischen Anlagen und somit aus detaillierten Berechnungen einerseits oder aus übergreifenden Schätzungen andererseits stammen. Weitere Gründe liegen in noch nicht erfolgten Kostenoptimierungen in Pilotanlagen, differenzierten technischen Ausführungen aufgrund unterschiedlicher Randbedingungen sowie dem unterschiedlichen Einsatz von Betriebsmitteln, welcher nicht nur Einfluss auf die Betriebskosten, sondern in geringer Weise auch auf die Investitionskosten hat.<sup>91</sup>

Für die nach UBA (2014) über Anlagen der GK 5 zu behandelnde Jahresabwassermenge können auf Grundlage der Funktionen (1) und (3) von *Mertsch et al.* (2013) die für eine Nachrüstung

<sup>91</sup> Vgl. *Riße et al.* (2011), S. 129.

dieser Anlagen mit einer vierten Reinigungsstufe notwendigen Investitionskosten bestimmt werden. Für eine 100%-ige Installation von PAK-Anlagen (Szenario I) ergeben sich danach bundesweite Gesamtinvestitionskosten in Höhe von 1.4 Mrd. Euro; für die günstigere Alternative der 100%-igen Ozoninstallation (Szenario II) resultieren 0,8 Mrd. Euro. Da unklar ist, welche Verteilung sich für die Anlagen in Deutschland ergeben würde, wird vereinfachend von einer 50:50-Verteilung ausgegangen, welche Szenario III bildet. Hierfür würden sich Gesamtinvestitionskosten von 1.1 Mrd. Euro ergeben. Die länderspezifischen Kosten sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4: Landes- und bundesweite Investitionskosten

	Gesamtinvestitionskosten [T€]			
	Filtration	Szenario I (100 % PAK)	Szenario II (100 % Ozon)	Szenario III (50 : 50)
Brandenburg	50.246	50.936	23.337	37.137
Berlin	49.443	46.122	19.724	32.923
Baden-Württemberg	102.406	200.523	126.776	163.650
Bayern	186.054	236.950	138.210	187.580
Bremen	15.865	19.325	11.065	15.195
Hessen	55.990	66.843	38.670	52.757
Hamburg	35.566	28.915	9.373	19.144
Mecklenburg- Vorpommern	4.382	19.011	11.963	15.487
Niedersachsen	58.546	104.025	67.186	85.605
Nordrhein-Westfalen	269.769	450.172	243.633	346.902
Rheinland-Pfalz	27.090	41.157	27.200	34.179
Schleswig-Holstein	15.507	34.539	21.515	28.027
Saarland	5.226	8.485	5.834	7.160
Sachsen	30.428	43.766	26.878	35.322
Sachsen-Anhalt	17.632	31.105	20.514	25.809
Thüringen	11.247	21.648	14.397	18.022
<b>Summe</b>	<b>935.397</b>	<b>1.403.522</b>	<b>806.275</b>	<b>1.104.899</b>

Eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* (2013), S. 33, 18; UBA (2014) und *Türk et al.* (2013), S. 178

Die Kosten für die Installation einer Filtration müssen hierbei separat zusätzlich betrachtet werden. Sie sind in den Kostenangaben der Tabelle 4 noch nicht enthalten. Gemäß UBA (2014) verfügen 44 der 247 GK-5-Anlagen über eine Filtrationseinrichtung. Abbildung 9 verdeutlicht, dass Filtrationseinrichtungen insbesondere in Nordrhein-Westfalen verbreitet sind. Wenngleich nicht beurteilt werden kann, inwiefern die bestehenden Filtrationsanlagen für die Nachrüstung der vierten Reinigungsstufe hinreichend sind, wurden für die entsprechenden 44 Anlagen keine Kosten für die Filtration angesetzt. Aus *Türk et al.* (2013) gehen Daten für Filtrationskosten hervor, die Berechnungen beziehen sich jedoch auf vereinzelt Anlagen in

Nordrhein-Westfalen. Unter Ansatz dieser Kostenkennzahlen wurden für die 247 Kläranlagen der GK 5 die Kosten der Installation einer Filtrationsstufe abgeschätzt.<sup>92</sup>

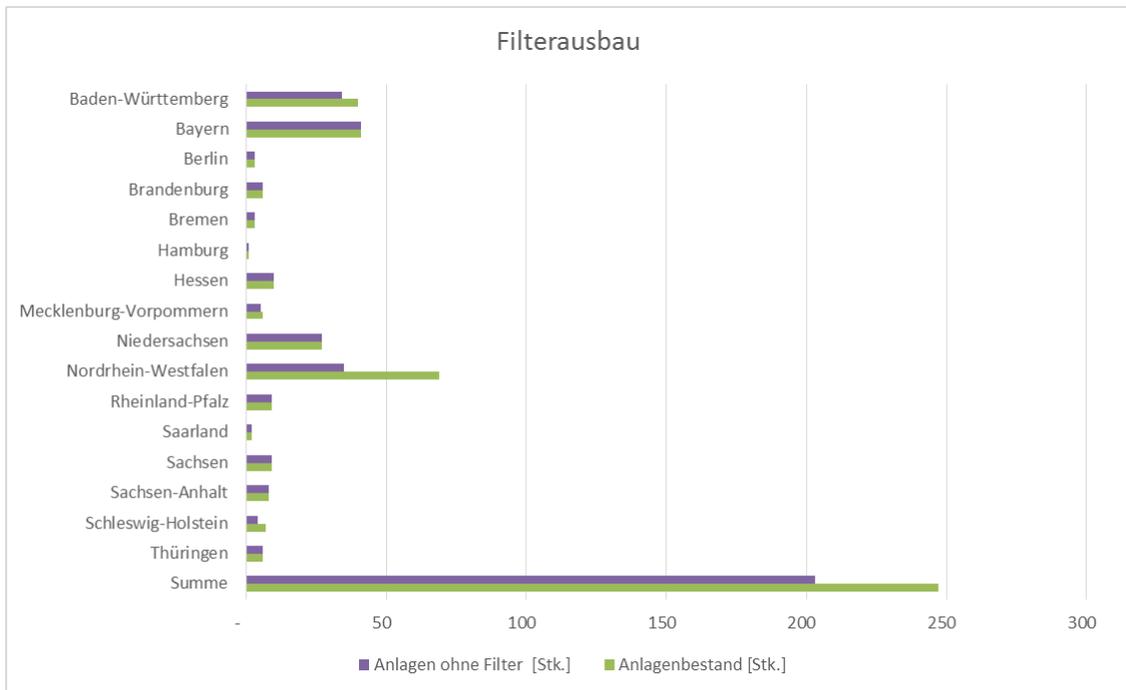


Abbildung 9: Bundesweiter Bestand von Filtrationsanlagen im Verhältnis zum Anlagenbestand der GK 5 (eigene Darstellung unter Verwendung von UBA 2014)

Es ergeben sich für die 203 verbleibenden Anlagen Gesamtinvestitionskosten für eine noch zu installierende Filtration in Höhe von 0,9 Mrd. Euro. Diese Kosten müssen zusätzlich auf die einzelnen Szenarien aufsummiert werden. Für Szenario III resultieren bundesweite Gesamtinvestitionskosten (inklusive Filtrationskosten) von 2 Mrd. Euro.

Die Betrachtung der Investitionskosten in Tabelle 4 und Abbildung 10 weist Kostenvorteile für die Ozonung aus. Weiterhin ist erkennbar, dass sich insbesondere für Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg ein hoher Kostenaufwand ergibt, der sich zunächst durch hohe angeschlossene Einwohnergleichwerte begründen lässt.

<sup>92</sup> Nach Türk et al. (2013, S. 178) betragen die Investitionskosten der Filtration für 33 Kläranlagen in NRW 254.400 T€. Dem sind gemäß UBA (2014) 35 Anlagen mit Filtration in NRW, auf die eine Jahresabwassermenge von insgesamt 1.058.334 Tm<sup>3</sup> entfällt, zuzuordnen. Dies entspricht bezogen auf diese 35 Anlagen einer durchschnittlichen Jahresabwassermenge pro Anlage von 30.238 Tm<sup>3</sup>. Damit ergibt sich für 33 Kläranlagen eine Jahresabwassermenge von 997.858 Tm<sup>3</sup>. Die Investitionskosten können auf diese Jahresabwassermenge verteilt werden; es ergeben sich spezifische Investitionskosten für die Filtration von 0,2549 €/m<sup>3</sup>. Anschließend werden die 203 Anlagen ohne Filtration mit einer Gesamtjahresabwassermenge von 3.669.662 Tm<sup>3</sup> mit den spezifischen Investitionskosten multipliziert. Es ergibt sich eine Gesamtinvestitionssumme für die Filtration von 935.397 T€.

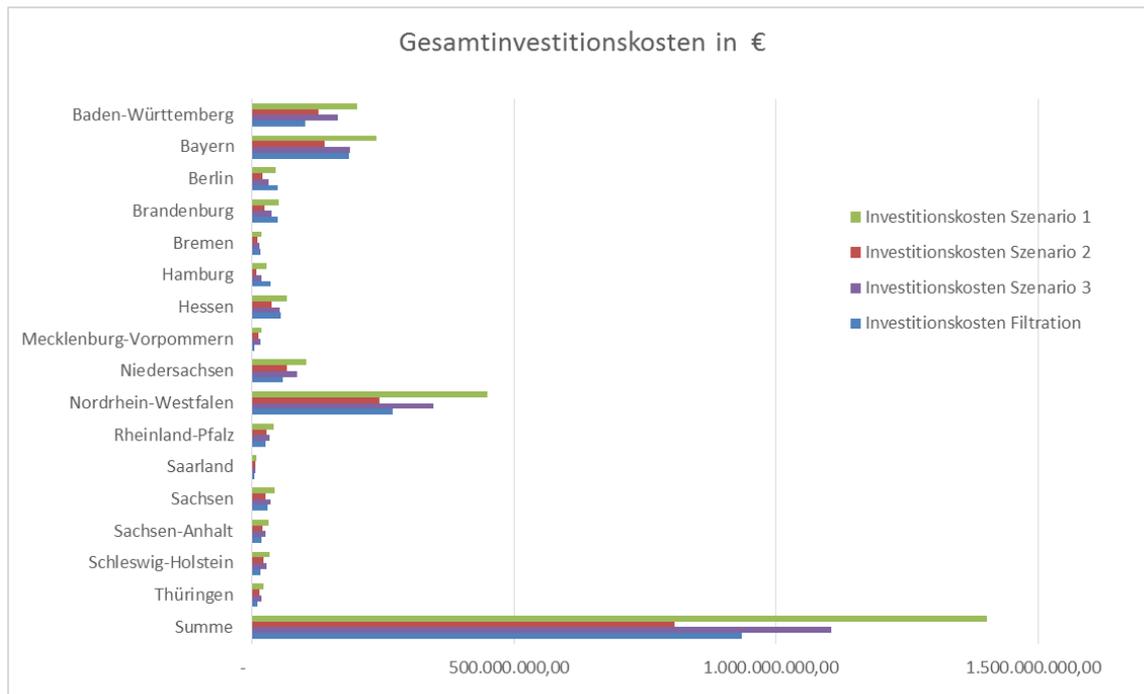


Abbildung 10: Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtinvestitionskosten  
(eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 18; UBA 2014; *Türk et al.* 2013, S. 178)

### 3.2.2 Betriebskosten

„Betriebskosten“ wird hier als Sammelbegriff für alle wiederkehrenden regel- und unregelmäßigen Aufwendungen genutzt und in die folgenden Kostenfaktoren untergliedert:

- a) Energie,
- b) Betriebsmittel,
- c) Personal,
- d) Wartung und Instandhaltung,
- e) Versicherung,
- f) Miete.

Im besonderen Fall der Abwasserbehandlung entstehen ebenfalls Betriebskosten für:

- g) Reststoff- und Schlamm Entsorgung und
- h) Abwasserabgabe.

Da davon ausgegangen werden kann, dass sich die Abwasserbehandlungsanlagen auf bereits käuflich erworbenem Grund und Boden befinden, werden Kosten für Mieten ausgeschlossen. Betriebskosten für Versicherungen werden ebenfalls nicht näher betrachtet, da dies für den verfahrenstechnischen Vergleich zunächst irrelevant ist.

Die Kalkulationen zu den Betriebskosten für PAK-Anlagen und Ozonung beziehen sich ebenso wie die Investitionskosten auf die Untersuchungen von *Mertsch et al.* (2013). Dabei finden die folgenden Annahmen für die einzelnen Kostenfaktoren besondere Berücksichtigung.

Für den Faktor **Energie** werden in der Literatur unterschiedliche Angaben bezüglich des Energieverbrauchs und der Energiepreise gemacht.<sup>93</sup> Es wird im vorliegenden Fall mit Energiepreisen in Höhe von 0,15 €/kWh gerechnet.<sup>94</sup> Die Funktionen (7) und (8) dienen der Abbildung der Betriebskosten bei der Anwendung von Ozon und PAK.

Kosten für den Faktor **Betriebsmittel** können durch die Funktionen (9) und (10) abgebildet werden. Als Betriebsmittel gilt bei der Ozonung der Reinsauerstoff, welcher zur Produktion von Ozon benötigt wird, dieser kostet inklusive Anlagentechnik 0,14 €/kg. Zur Produktion von 0,1 kg Ozon wird ein Kilogramm Reinsauerstoff benötigt. Die Dosis Ozon zur Behandlung des verschmutzten Abwassers beträgt 5 mg pro Liter, ausgehend vom einfachen Trockenwetterzufluss der Anlage.<sup>95</sup> Bei PAK-Anlagen wird vereinfachend eine einheitliche Dosierung von 10 mg Aktivkohlegranulat pro Liter angenommen. Dementsprechend werden auch einheitliche Abwasserfiltersysteme und damit Kosten für die Filtration angesetzt. Bei der Anwendung von PAK wird zusätzlich mit Flockungshilfsmitteln (Polymere) gearbeitet. Diese gehen in die folgenden Berechnungen mit 0,3 g pro Kubikmeter und ca. 1.300 € pro Tonne ein. Verarbeitet sind die genannten Ausgangskriterien in den Funktionen (9) und (10), sie dienen somit zur detaillierten Berechnung der Betriebsmittel.

Die Betriebskosten für die Faktoren Personal, Wartung und Instandhaltung sowie Reststoffentsorgung und Abwasserabgabe werden nicht in separaten Kostenfunktionen betrachtet und fließen direkt in die Funktionen (5) und (6) ein. Der Aufwand für **Personal** kann wie in Tabelle 5 berechnet werden. Je nach örtlichen Rahmenbedingungen und Verfahren kann es hier zu erheblichen Unterschieden kommen. Insgesamt werden die entsprechenden Personalkosten mit 50.000 € pro Jahr kalkuliert.<sup>96</sup>

Tabelle 5: Personalschlüssel

Auszuführende Arbeiten	Stunden pro Monat
Tägliche Sichtkontrollen	30
Zusätzliche Analysen	20
Regelmäßige Reinigungsarbeiten	14
Wartung und Instandhaltung	15
Anlieferung PAK und Polymere	4
Zusammentragen und Interpretation Messwerte	5
<b>Summe</b>	<b>88</b>

*Schwentner et al. (2013b), S. 28 ff*

Die **Wartungs- und Instandhaltungskosten** werden jeweils prozentual von den Investitionskosten abgeleitet. Für die baulichen Anlagen werden 1 %, für die Maschinentechnik 4 % und für die Elektrotechnik 2 % des Investments für Wartungen und Instandhaltungen angesetzt.<sup>97</sup> Die **Reststoff- und Schlamm Entsorgung** wird in die bestehenden Funktionen mit

<sup>93</sup> Vgl. *Schwentner et al. (2013b), S. 29.*

<sup>94</sup> Vgl. *Mertsch et al. (2013), S. 33/10 ff.*

<sup>95</sup> Vgl. *Mertsch et al. (2013), S. 33/10 ff.*

<sup>96</sup> Vgl. *Mertsch et al. (2013), S. 33/10 ff.*

<sup>97</sup> Vgl. *Herbst et al. (2013), S. 23.*

50 € pro Tonne für die Mitverbrennung in Kraftwerken und mit 80 € pro Tonne für die Monoverbrennung des entstehenden Schlammes einkalkuliert. Dabei wird von einem Feuchtigkeitsgehalt von 25 % ausgegangen.<sup>98</sup>

In den Untersuchungen von *Mertsch et al.* (2013) wurden die nachstehenden linearen Kostenfunktionen für die Gesamtbetriebskosten bei der Nutzung von Ozonung ( $y_{Ozon}$ ) und PAK ( $y_{PAK}$ ) gebildet:

Funktion (5):  $y_{Ozon} = 0,0147x + 46.081$

Funktion (6):  $y_{PAK} = 0,036x + 27.729$

Diese linearen Verteilungen können grafisch wie in Abbildung 11 dargestellt werden. Hierbei wird hinsichtlich der Betriebskosten ein deutlicher Vorteil der Anwendung von Ozon sichtbar.

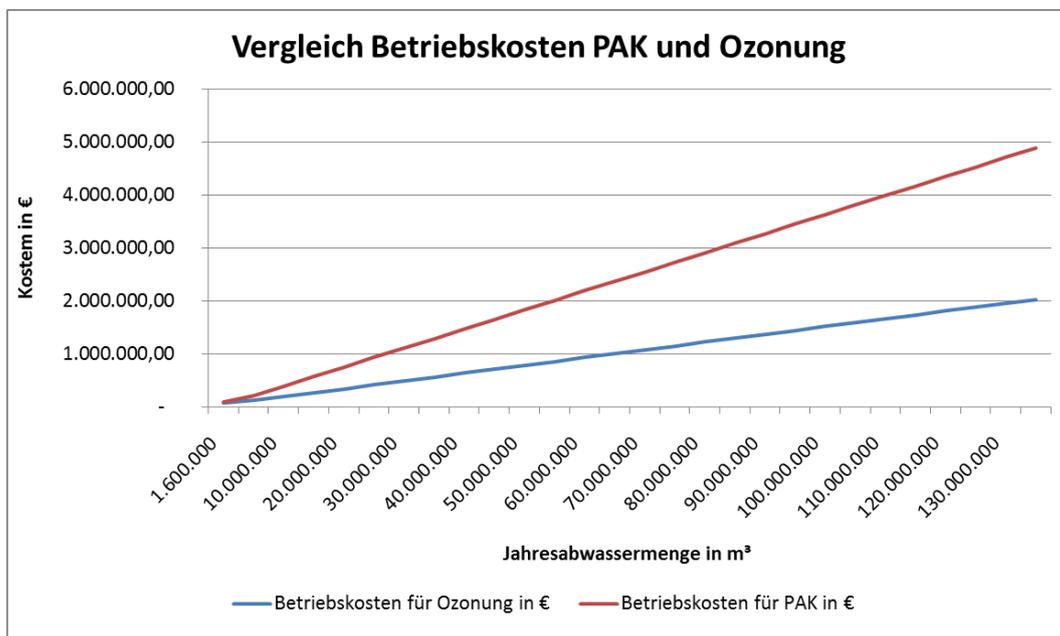


Abbildung 11: Vergleich der Betriebskosten bei PAK-Adsorption und Ozonung (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 21 ff.)

Weiterhin wurden durch *Mertsch et al.* (2013) die Komponenten Energie- und Betriebsmittelkosten analysiert und durch die unten stehenden vier Funktionen (7) bis (10) abgebildet.

Funktion (7):  $y_{Ozon;Energie} = 0,0073x + 9.322$

Funktion (8):  $y_{PAK;Energie} = 0,004x - 1.543,7$

Funktion (9):  $y_{Ozon;Betriebsmittel} = 0,0055x + 5.803,4$

Funktion (10):  $y_{PAK;Betriebsmittel} = 0,0164x + 3.677,7$

Die folgenden Abbildungen zeigen somit den Anteil von Energie und Betriebsmitteln an den jeweiligen Betriebskosten. Beim Vergleich der beiden Abbildungen werden die geringeren Betriebskosten beim Einsatz von Ozon deutlich. Aus der Darstellung der Betriebskosten der PAK-Adsorption ist eine geringe Abhängigkeit von den Energiekosten abzulesen. Die Kosten für die Aktivkohle schlagen sich jedoch deutlich nieder.

<sup>98</sup> Vgl. *Mertsch et al.* (2013), S. 33/10 ff.

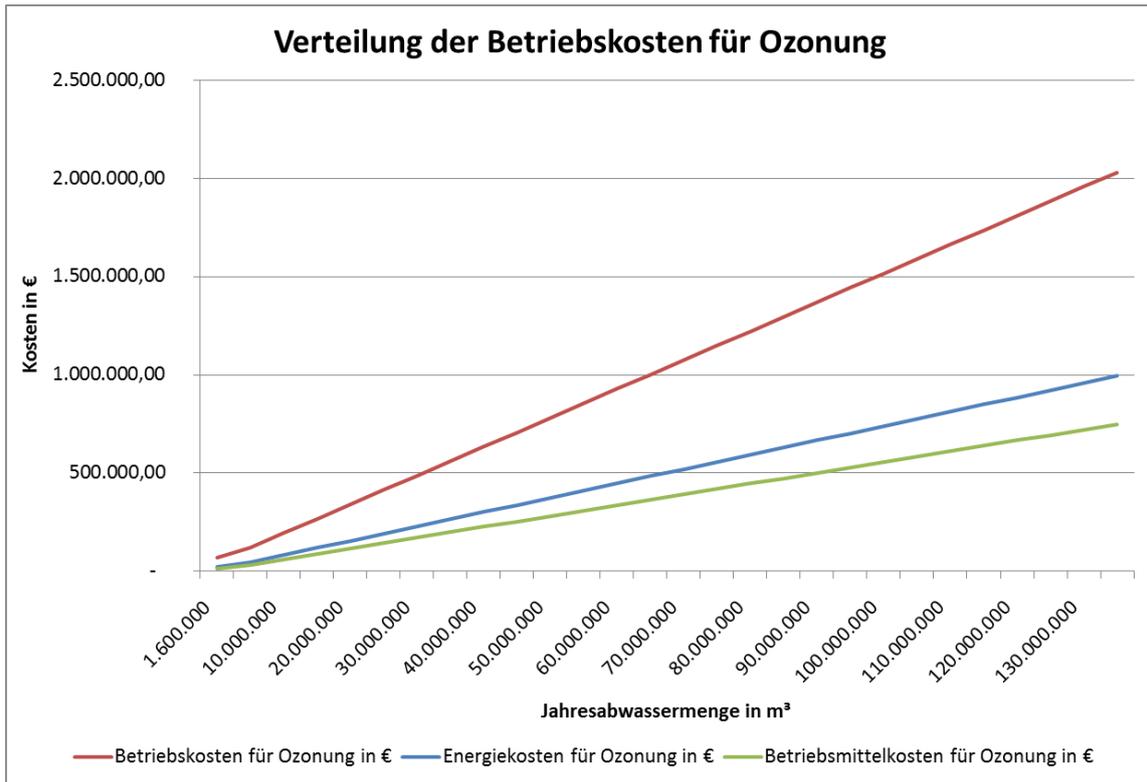


Abbildung 12: Darstellung der Betriebskostenverteilung für Ozonung (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 21 ff.)

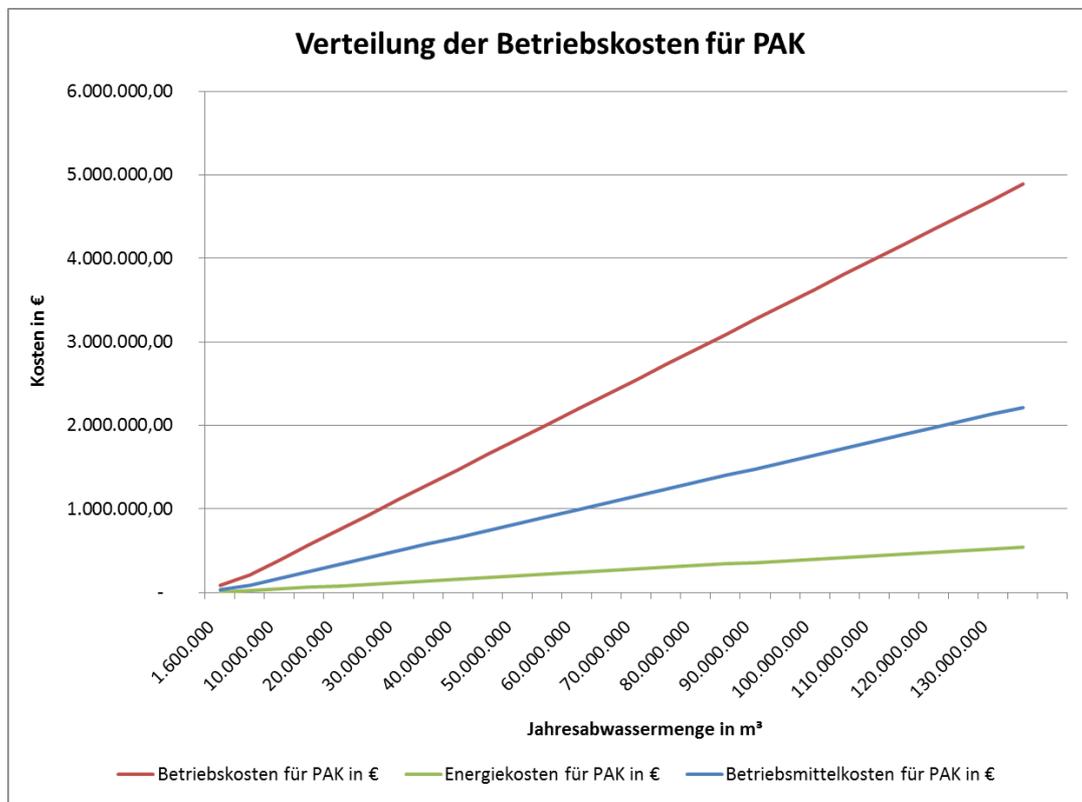


Abbildung 13: Darstellung der Betriebskostenverteilung für PAK-Adsorption (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 21 ff.)

Tabelle 6: Landes- und bundesweite Betriebskosten

	Gesamtbetriebskosten [T€/a]			
	Filtration	Szenario I (100 % PAK)	Szenario II (100 % Ozon)	Szenario III (50 : 50)
Brandenburg	8.220	7.263	3.174	5.218
Berlin	8.089	7.066	2.990	5.028
Baden-Württemberg	16.753	21.180	10.039	15.609
Bayern	30.437	27.414	12.619	20.016
Bremen	2.595	2.324	1.053	1.689
Hessen	9.160	8.185	3.690	5.937
Hamburg	5.818	5.051	2.097	3.574
Mecklenburg- Vorpommern	717	1.319	747	1.033
Niedersachsen	9.578	9.017	4.621	6.819
Nordrhein-Westfalen	44.133	59.704	26.778	43.241
Rheinland-Pfalz	4.432	4.076	1.977	3.026
Schleswig-Holstein	2.537	3.606	1.716	2.661
Saarland	855	794	394	594
Sachsen	4.978	4.547	2.170	3.358
Sachsen-Anhalt	2.885	2.712	1.386	2.049
Thüringen	1.840	1.755	925	1.340
<b>Summe</b>	<b>153.027</b>	<b>166.013</b>	<b>76.376</b>	<b>121.192</b>

Eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* (2013), S. 33, 21 ff.; UBA (2014); *Türk et al.* (2013), S. 178

Die allgemeinen Kostenverläufe wurden anschließend auf die Ausgangssituation in Deutschland übertragen (Tabelle 6) und ebenfalls entsprechend für die 247 GK-5-Anlagen untersucht. Somit ergeben sich im Szenario III Gesamtbetriebskosten inklusive Filtration in Höhe von 274 Mio. Euro pro Jahr.

Die Betriebskosten der Filtration berechnen sich wie in Abschnitt 3.2.1 aus *Türk et al.* (2013), somit ergeben sich nach einer Umrechnung<sup>99</sup> entsprechend dem Vorgehen bei der Umrechnung der Investitionskosten spezifische Betriebskosten für die Filtration von 0,0417 € pro Kubikmeter Jahresabwassermenge. Danach betragen die Gesamtbetriebskosten für die Filtration ca. 153 Mio. Euro pro Jahr. Bei der Betrachtung der Szenarien ausschließlich der

<sup>99</sup> Nach *Türk et al.* (2013, S. 178) betragen die Betriebskosten der Filtration für 33 Anlagen in NRW 41.600 T€ pro Jahr. Dem sind gemäß UBA (2014) 35 Anlagen mit Filtration in NRW mit einer Jahresabwassermenge von insgesamt 1.058.334 Tm<sup>3</sup> zuzuordnen. Dies entspricht bezogen auf diese 35 Anlagen einer durchschnittlichen Jahresabwassermenge pro Anlage von 30.238 Tm<sup>3</sup>. Damit ergibt sich für 33 Kläranlagen eine Jahresabwassermenge von 997.858 Tm<sup>3</sup>. Die Betriebskosten können auf diese Jahresabwassermenge verteilt werden; es ergeben sich spezifische Betriebskosten für die Filtration von 0,0417 €/m<sup>3</sup>. Anschließend werden die 203 Anlagen ohne Filtration mit einer Gesamtjahresabwassermenge von 3.669.662 Tm<sup>3</sup> mit den spezifischen Betriebskosten multipliziert und es ergeben sich Betriebskosten für die Filtration in Höhe von 153.025 T€ pro Jahr.

Filtrationskosten wird in Abbildung 14 wiederum deutlich, dass die Gesamtbetriebskosten für die Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg am höchsten sind.

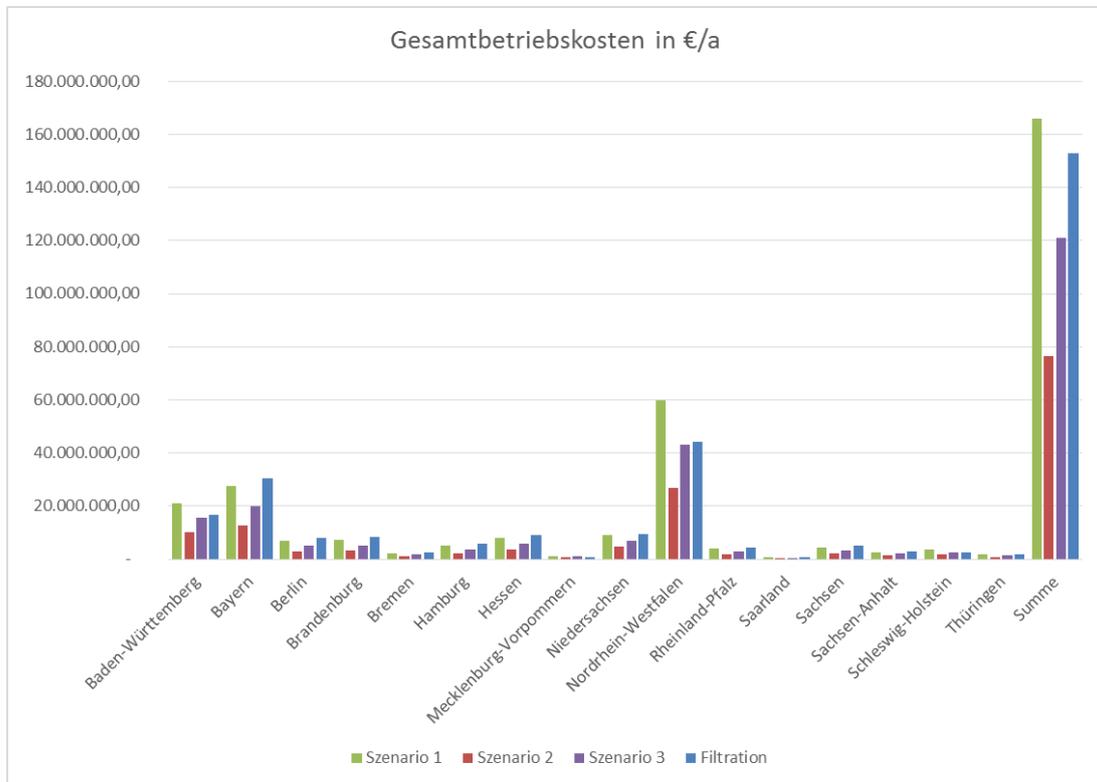


Abbildung 14: Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtbetriebskosten (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 21 ff.; UBA 2014; *Türk et al.* 2013, S. 178)

Im folgenden Abschnitt werden die Investitions- und Betriebskosten gekoppelt, um eine zuverlässige Größe für die jährliche Belastung bei der Installation einer vierten Reinigungsstufe zu erhalten.

### 3.2.3 Jahreskosten

Die Einteilung in Jahreskosten erfolgt, um spezifische Werte und somit die finanzielle Belastung pro Jahr angeben zu können unter gleichzeitiger Einbeziehung von Investitions- und Betriebskosten. Es wird auch hier Bezug auf die entwickelten Kostenfunktionen nach *Mertsch et al.* (2013) genommen. Folgende Annahmen gelten im Bereich der Jahreskosten:

- Nutzungsdauer für Bauwerke/Baukonstruktion = 30 Jahre<sup>100</sup>  
Technische Ausrüstung = 15 Jahre<sup>101</sup>  
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik = 10 Jahre<sup>102</sup>
- Zinssatz in Höhe von 3 %<sup>103</sup>

<sup>100</sup> Vgl. *Schwentner et al.* (2013b), S. 28 ff.

<sup>101</sup> Vgl. *Schwentner et al.* (2013b), S. 28 ff.

<sup>102</sup> Vgl. *Herbst et al.* (2013), S. 23.

Anhand der genannten Rahmenbedingungen und Untersuchungen ergeben sich somit die folgenden Jahreskostenfunktionen (11) und (12). Untersucht wurden ebenfalls die spezifischen Jahreskosten. Diese liegen für 100.000 EW bei der Ozonung bei 0,04 € pro Kubikmeter behandeltem Abwasser und bei der PAK-Behandlung bei 0,08 € pro Kubikmeter behandeltem Abwasser. Es ergibt sich ein deutlicher Kostenvorteil für die Ozonung.<sup>104</sup>

Funktion (11):  $y_{\text{Ozon;Jahreskosten}} = 36,022 * x^{0,5871}$

Funktion (12):  $y_{\text{PAK;Jahreskosten}} = 1 * 10^{-10} * x^2 + 0,0425 * x + 197849$

Die Jahreskosten wurden analog zu den Investitions- und Betriebskosten für die 247 Kläranlagen der GK 5<sup>105</sup> berechnet. Somit ergeben sich für das Szenario III inklusive Filtration Gesamtjahreskosten in Höhe von 427 Mio. Euro. Für Szenario I (100 % PAK) fallen gemäß dieser vereinfachten Hochrechnung Jahreskosten von 492 Mio. Euro und für das Szenario II (100 % Ozon) von 362 Mio. Euro an. *Hillenbrand et al.* (2014) weisen für den Ausbau der vierten Reinigungsstufe der Anlagen der GK 5 in Deutschland Jahreskosten von 469 Mio. Euro (netto) aus.

Die grafische Darstellung der Gesamtjahreskosten in Abbildung 15 zeigt, dass die jährlich anfallenden Kosten für die reine Anwendung von Ozon (Szenario II) am geringsten sind.

Tabelle 7: Landes- und bundesweite Jahreskosten

	Gesamtjahreskosten [T€/a]			
	Filtration	Szenario I (100 % PAK)	Szenario II (100 % Ozon)	Szenario III (50 : 50)
Brandenburg	11.926	11.859	4.452	8.155
Berlin	11.735	10.190	4.118	7.154
Baden-Württemberg	24.306	32.896	21.336	27.116
Bayern	44.159	42.240	24.082	33.161
Bremen	3.766	3.448	1.975	2.711
Hessen	13.289	12.142	6.936	9.539
Hamburg	8.442	8.075	2.179	5.127
Mecklenburg-Vorpommern	1.040	2.578	1.765	2.172
Niedersachsen	13.896	15.448	10.567	13.008
Nordrhein-Westfalen	64.029	103.016	43.850	73.433
Rheinland-Pfalz	6.430	6.452	4.475	5.464
Schleswig-Holstein	3.681	5.607	3.619	4.613
Saarland	1.241	1.288	940	1.114
Sachsen	7.222	7.150	4.500	5.825
Sachsen-Anhalt	4.185	4.607	3.235	3.921
Thüringen	2.670	3.110	2.216	2.663
<b>Summe</b>	<b>222.017</b>	<b>270.106</b>	<b>140.245</b>	<b>205.176</b>

Eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* (2013), S. 33, 23; UBA (2014); *Türk et al.* (2013), S. 178

<sup>103</sup> Vgl. *Türk et al.* (2013), S. 183.

<sup>104</sup> Vgl. *Mertsch et al.* (2013), S. 33/10 ff.

<sup>105</sup> UBA (2014).

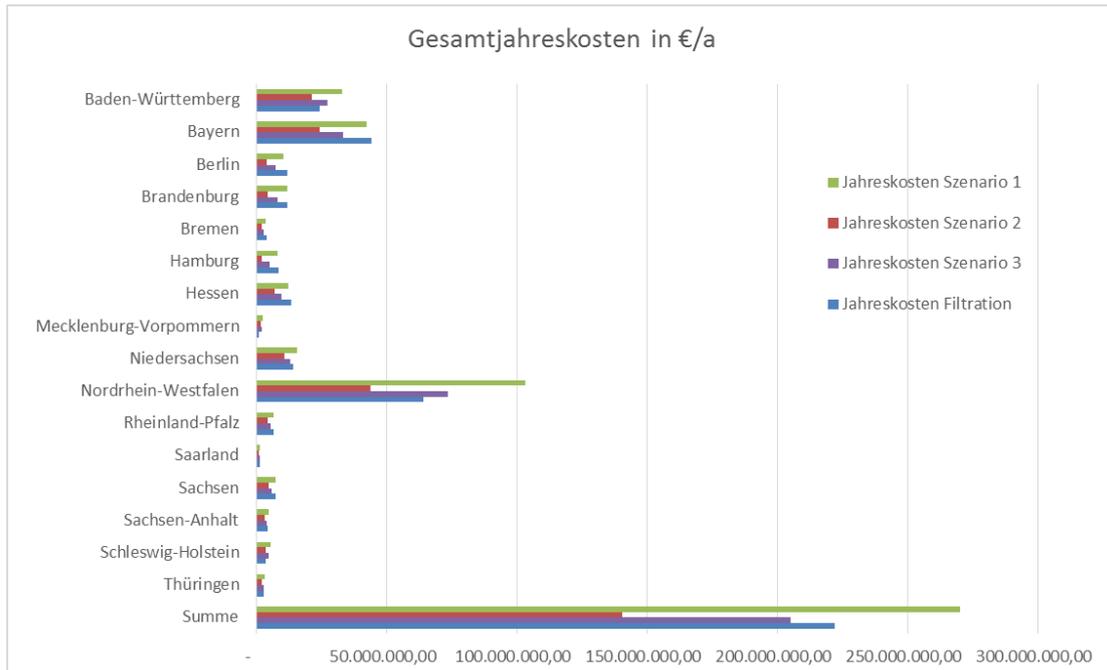


Abbildung 15: Szenarienabhängige und filtrationstechnische Gesamtjahreskosten (eigene Darstellung auf Grundlage von *Mertsch et al.* 2013, S. 33, 23; UBA 2014; *Türk et al.* 2013, S. 178)

### 3.2.4 Kostenrelevanz örtlicher Rahmenbedingungen an einem ausgewählten Beispiel

Inwieweit örtliche Rahmenbedingungen einen Einfluss auf die Kostenverteilung haben, wird im Folgenden am Beispiel des Klärwerks Böblingen-Sindelfingen dargestellt. Dieses ist ausgelegt auf 250.000 EW und behandelte im Jahr 2012 eine Jahresabwassermenge von 14.502.221 m<sup>3</sup>.<sup>106</sup> Umgesetzt wurde eine PAK-Anlage zur Entfernung von Mikroverunreinigungen. Daraus ergaben sich die in Tabelle 8 aufgeführten Investitionskosten und die nach einem Jahr Laufzeit entstandenen Betriebskosten.

Tabelle 8: Reale Verteilung der Investitions- und Betriebskosten Böblingen-Sindelfingen

Investitionskosten [€]		Betriebskosten [€]	
Baukosten			
Rohbau	2.200.000	Aktivkohle	195.000
Klärtechnische Einrichtungen	620.000	Mehrschlammanfall	60.000
Räumer	260.000	Strom	35.000
PAK-Dosieranlage	380.000	Polymer	16.000
Schlosserarbeiten	170.000	Personal	23.000
Elektrotechnik	190.000	Instandhaltung	10.000
Baunebenkosten	480.000	Abwasserabgabe	-46.000
<b>Summe</b>	<b>4.300.000</b>	<b>Summe</b>	<b>293.000</b>

*Schwentner et al.* (2013b), S. 28 ff.

<sup>106</sup> UBA (2014).

Tabelle 9: Differenzen zwischen den realen und theoretischen Betriebskosten

	Böblingen-Sindelfingen	Musterlösung nach <i>Mertsch et al. (2013)</i>
Betriebsmittel		
PAK	+ 47.250 €	
Polymere	+ 10.800 €	
Personal		+ 27.000 €
Energie		+ 27.750 €
Schlamm Entsorgung	+ 17.000 €	
Instandhaltung		+ 351.202 €
<b>Differenz</b>	<b>+ 75.050 €</b>	<b>+ 405.952 €</b>

Eigene Darstellung auf Grundlage von *Schwentner et al. (2013b)*, S. 30

Gemäß der Funktion (3) ergeben sich nach *Mertsch et al. (2013)* Gesamtinvestitionskosten in Höhe von 5.160.028 € und damit 20 % mehr als die real angefallenen Investitionskosten. Für die Gesamtbetriebskosten ergeben sich gemäß Funktion (6) 549.809 € bzw. ca. 88 % mehr als die im ersten Jahr real angefallenen Betriebskosten. Ein Vergleich der Jahreskosten kann aufgrund fehlender Daten an dieser Stelle nicht vorgenommen werden.

Die Abweichungen der Investitionskosten von 20 % könnten bereits durch die lokalen Rahmenbedingungen im Klärwerk begründet werden, jedoch dürfen auch unterschiedliche Preise für bspw. Bauleistungen, Technik und Rohstoffe nicht unbeachtet bleiben. Die hohe Abweichung der Betriebskosten spricht allerdings deutlich für die Abhängigkeit von örtlichen Rahmenbedingungen. Unterschiede ergeben sich im vorliegenden Fall durch die unterschiedliche Umsetzung und Anwendung der Reinigungsstufe. Während in den Musterfunktionen von einer Dosierung von 10 mg PAK pro Liter ausgegangen wird, werden in Böblingen-Sindelfingen ca. 9,3 mg PAK pro Liter dosiert. Beim Einsatz der Polymere ist der Unterschied von 0,02 mg pro Liter noch geringer. Jedoch weichen die Kosten für die Betriebsmittel erheblich voneinander ab. Die Gesamtbetriebskostenfunktion nach *Mertsch et al. (2013)* rechnet für die PAK mit 1.100 € pro Tonne, wohingegen im Beispiel 1.450 € pro Tonne veranschlagt werden. Dies entspricht hochgerechnet realen Mehrkosten von 47.250 €. Für die Polymere werden ebenfalls statt 1.300 € pro Tonne 4.000 € pro Tonne angesetzt, dies ergibt reale Mehrkosten von 10.800 €. Allerdings sind im Praxisbeispiel die Personalkosten um 27.000 € geringer und können somit als Gutschrift verbucht werden. Die Energiekosten gehen in beiden Rechnungen mit 0,15 €/kWh in die Rechnung ein, jedoch geht die Musterlösung von 185.000 kWh mehr Stromverbrauch im Jahr aus. Daraus resultiert eine Gutschrift von 27.750 € für das Praxisbeispiel. Auch für die Schlamm Entsorgung ergeben sich Unterschiede. In Böblingen-Sindelfingen fielen 680 Tonnen mehr Schlamm an, in der Praxis wurden hierfür 61.200 € gezahlt, nach der Musterlösung wären es 17.000 € weniger. Der abschließende Differenzbetrag ergibt sich aus den Instandhaltungskosten. In der Praxis wurden 10.000 € für die Instandhaltung berechnet. Die Musterlösung geht dagegen von 7 % der Investitionssumme aus, dies entspricht 361.202 €. Im abschließenden Vergleich wird deutlich, dass die Betriebskosten im Fall der Anlage Böblingen-Sindelfingen für Betriebsmittel und Schlamm Entsorgung um 75.050 € höher sind als in der Musterlösung. Hingegen sind die Betriebskosten für Personal, Energie und Instandhaltung in der Musterlösung signifikant um 405.952 € pro Jahr höher. Die absolute Differenz zwischen den

Beispielen beträgt 330.902 € und spricht deutlich für eine Abhängigkeit von örtlichen Rahmenbedingungen und die Notwendigkeit von Einzelfallanalysen.<sup>107</sup>

### 3.3 Eliminationsleistung und Selbstfinanzierung im Rahmen des AbwAG de lege lata und de lege ferenda

Die in Abschnitt 3.1.2 diskutierten Verfahren zur Entfernung von Mikroverunreinigungen werden im Folgenden bzgl. der erzielbaren Reinigungseffekte (inklusive zusätzlicher Reinigungseffekte hinsichtlich der Parameter CSB und  $P_{ges}$ ) untersucht. Dazu werden Literaturangaben für einzelne untersuchte Anlagen herangezogen.

#### 3.3.1 Eliminationsleistung Mikroverunreinigungen

Tabelle 10 umfasst eine Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen verschiedener Autoren zur Eliminationsleistung der Verfahren mit PAK-Adsorption hinsichtlich der jeweils untersuchten Mikroverunreinigungen. Tabelle 11 umfasst eine Zusammenstellung von Untersuchungsergebnissen verschiedener Autoren zur Eliminationsleistung der Ozonung hinsichtlich der jeweils untersuchten Mikroverunreinigungen.

Tabelle 10: Eliminationsleistung der Verfahren mit PAK-Adsorption hinsichtlich der untersuchten Mikroverunreinigungen

Eliminationsleistung einiger Mikroverunreinigungen in der Literatur			
Biebersdorf, N./Kaub, J. M. (2013) <sup>108</sup>	Machbarkeitsstudie - Kläranlage Ochtrup	PAK m. Rücklauf: 10 mg PAK/l; PAK o. Rücklauf: 20 mg PAK/l; Ozondosis 0,62 g O <sub>3</sub> /g DOC	„Die Reinigungsleistung in Bezug auf die Spurenstoffe wird für alle Varianten gleich eingestuft, daher wird sie als Kriterium hier nicht herangezogen. Der Einsatz der Betriebsmittel wurde so gewählt, dass alle Varianten eine vergleichbare Elimination erzielen.“
Schwentner, G. et al. (2013)	KW Mannheim, KW Böblingen-Sindelfingen:  Kläranlagen mit PAK-Adsorption mit Rückführung	PAK 10 mg/l	weit über 80 % Entfernung von 25 % der Substanzen (v. a. Arzneimittelwirkstoffe)
			etwa 70 % Entfernung weiterer 30 % der Substanzen
			15 % der Substanzen: nur mäßig entfernbar
			30 % der Substanzen: nur geringfügig bis gar nicht entfernbar (MTBE, Komplexbildner, PFT)
PAK 20 mg/l	etwa 60 % der untersuchten Substanzen lassen sich gut bis sehr gut aus dem Abwasser entfernen.		
	Der Anteil der nicht zu entfernenden Stoffe reduziert sich auf 25 % gegenüber PAK 10 mg/l.		
Kommentar	bei 30 +/- 3 mg/l CSB im Ablauf VOR Adsorption („Aus halbtechnischen Untersuchungen ist bekannt, dass die Entnahme von Spurenstoffen mittels PAK maßgeblich vom Gehalt der gelösten Restorganik des Abwassers beeinflusst wird.“)		

<sup>107</sup> Schwentner et al. (2013b), S. 30.

<sup>108</sup> Biebersdorf/Kaub (2013), S. 41.

McArdell, C. et al. (2011) <sup>109</sup>	Pilotanlage: Krankenhausabwasser Hospital Baden unter vorgeschalteter Behandlung einschließl. MBR  PAK-Adsorption  <i>ohne Rückführung</i>	MBR + PAK 23 +/- 7 mg/l	86 % der untersuchten Arzneimittelwirkstoffe und Metaboliten entfernt
			91 % der Industriechemikalien (Benzotriazole, 4/5-Methylbenzotriazol (2 Isomere)) entfernt
			61 % der untersuchten jodierten Röntgenkontrastmittel entfernt
			Am schlechtesten abbaubar: Amidotrizoesäure und Ioxitalamsäure (weniger als 20 % entfernt bei PAK 43 mg/l)
		Kommentar	Eliminationsleistung hier nur in Bezug auf die Aktivkohle-Adsorption (nach MBR) (bei DOC 7,0 +/- 0,7 mg/l)
Metzger, S./Kapp, H. (2008) <sup>110</sup>	Zweistraßige Versuchsanlage, Klärwerk Steinhäule, Ulm  PAK Adsorption <i>mit Rückführung</i>	PAK 10 mg/l	80 % der untersuchten Arzneimittelwirkstoffe entfernt (im Mittel je Wirkstoff)
			> 70 % der untersuchten Röntgenkontrastmittel entfernt, durchschnittlich: Iomeprol, Iopromid, Iohexol zu knapp 50 % entfernt: Iopamidol lediglich zu 10 % entfernt: ionische Amidotrizoesäure
			98 % der untersuchten endokrinen Stoffe entfernt (17-β-Estradiol-Äquivalenzkonzentration): Biologische + PAK-Adsorption; 80 % nur biologische Behandlung
		PAK 20 mg/l	> 80 % je Arzneimittelwirkstoff entfernt, mittlere Entnahme
			Röntgenkontrastmittel: bei nicht-ionischen Produkten steigert sich die Elimination auf durchschnittlich 90 %; selbst nicht-ionische Amidotrizoesäure über 40 %
		Kommentar	Angaben gegenüber alleiniger biologischer Behandlung, Komplexbildner (EDTA) wurden nicht entnommen
Margot et al. (2013)	Pilotanlage: PAK + UF und PAK + Sandfilter	PAK 10-20 mg/l	> 90 % Eliminierung von Substanzen mit hoher PAK-Affinität: Beta-Blocker, Methylbenzotriazol, Trimethoprim, Mefenamic acid, Estron, Carbendazim; z. T. auch Clarithromycin, Carbamazepin, Benzotriazol, Ofloxacin, Norfloxacin, Atenolol
			70-90 % Eliminierung von Substanzen mit mittlerer PAK-Affinität: 15 Substanzen (u. a. Metronidazol, Azithromycin, Diclofenac, Gemfibrozil)
			11-66 % Eliminierung der 12 verbleibenden Substanzen: fluktuierende bis schlechte Affinität für PAK: Sulfamethoxazol, Diatrizoic acid, Röntgenkontrastmittel u. a.
			Kommentar

Eigene Darstellung

<sup>109</sup> McArdell et al. (2011), S. 64.

<sup>110</sup> Metzger/Kapp (2008), S. 14, 15.

Tabelle 11: Eliminationsleistung der Ozonung hinsichtlich der untersuchten Mikroverunreinigungen

Eliminationsleistung einiger Mikroverunreinigungen in der Literatur			
Biebersdorf, N./Kaub, J. M. (2013) <sup>111</sup>	Machbarkeitsstudie - Kläranlage Ochtrup	PAK m. Rücklauf: 10 mg PAK/l; PAK o. Rücklauf: 20 mg PAK/l; Ozondosis 0,62 g O <sub>3</sub> /g DOC	„Die Reinigungsleistung in Bezug auf die Spurenstoffe wird für alle Varianten gleich eingestuft, daher wird sie als Kriterium hier nicht herangezogen. Der Einsatz der Betriebsmittel wurde so gewählt, dass alle Varianten eine vergleichbare Elimination erzielen.“
Abegglen, C. et al. (2009) <sup>112</sup>	Pilotversuche ARA Regensdorf und Lausanne	0,62 +/- 0,05 g O <sub>3</sub> /g DOC	Von 53 untersuchten Stoffen nur noch 16 über 15 ng/l im Ablauf der Ozonung Antibiotika, Östrogene vollständig eliminiert Ggü. Ozonung persistenter Stoffe (u. a. Mecoprop, Benzotriazol, Atenolol) kam es dennoch zur deutlichen Konzentrationsabnahme.
		0,7-0,9 g O <sub>3</sub> /g DOC	Für die meisten der untersuchten Stoffe eine optimale Elimination ggü. Rohabwasser Durchschnittliche Elimination von 40 % (nach biolog. Behandlung) auf über 80 % nach Ozonung
McArdell, C. et al. (2011) <sup>113</sup>	Pilotanlage: Krankenhaus-abwasser Hospital Baden unter vorgeschalteter Behandlung einschließl. MBR	MBR + 1,08 g O <sub>3</sub> /g DOC	90 % der untersuchten Arzneimittelwirkstoffe und Metaboliten entfernt 98 % der Industriechemikalien (Benzotriazole, 4/5-Methylbenzotriazol (2 Isomere)) entfernt 50 % der untersuchten jodierten Röntgenkontrastmittel entfernt
	Ozonung ohne anschließende Sandfiltration	Kommentar	Eliminationsleistung hier nur in Bezug auf die Ozonung (nach MBR) (ohne Sandfiltration)
Hollender et al. (2009) <sup>114</sup>	Kommunale Kläranlage Ozonung und anschließende Sandfiltration	0,62 +/- 0,05 g O <sub>3</sub> /g DOC	> 80 %* Elimination: Diclofenac, Carbamazepine, Trimethoprim
			60-70 %* Elimination: Metoprolol, 5-Methylbenzotriazole, Sulfamethoxazole
			40-50 %* Elimination: Naproxen, Benzotriazole, Atenolol, Clarithromycin
			11 <sup>115</sup> von 220 gemessenen Verbindungen konnten nach der Ozonung noch mit einer Konz. über 100 ng/l nachgewiesen werden. Keine weitere Eliminierung in der Sandfiltration. *Angegebene Eliminierungsleistungen geben den Eliminierungsanteil einzelner Stoffe in der Ozonung gegenüber der Gesamteliminierung an.

<sup>111</sup> Biebersdorf/Kaub (2013), S. 41.

<sup>112</sup> Abegglen et al. (2009), S. 31, 58.

<sup>113</sup> McArdell et al. (2011), S. 64.

<sup>114</sup> Hollender et al. (2009), S. 7864.

<sup>115</sup> Benzotriazol, Betablocker, Biozid, Röntgenkontrastmittel (Atenolol, Diatrizoate, Iopromide, Mecoprop, Benzotriazole, 5-Methylbenzotriazole, Sucralose, DEET, Diazinon, Galaxolidone, Benzothiazole).

Margot et al. (2013)	Pilotanlage: Ozonung mit anschließender Sandfiltration, ARA Lausanne	0,3 g O <sub>3</sub> /g DOC	Über 90 % Elimination bei geringer Ozondosis (2,3 mg O <sub>3</sub> /l): Substanzen mit hoher Ozonreaktivität (Trimethoprim, Clindamycin, Sulfamethoxazol, Clarithromycin, Sotalol, Propranolol, Mefenamic acid, Diclofenac, Carbamazepine, Gemfibrozil, Estrone, Bisphenol A) → elektronenreiche Spezies
			Um 60 % Elimination: Substanzen mit geringer Ozonreaktivität aber hoher OH-Radikal-Reaktivität (Ibuprofen, Ketoprofen, Metronidazol, Primidon, Mecoprop, Benzotriazol) → Diese Reaktion hängt weit mehr ab von lokalen Einflüssen wie pH-Wert, Hintergrundmatrix oder Konzentration von OH-Radikalfängern.
		Durchschnittl. 0,8 g O <sub>3</sub> /g DOC)	Geringe Elimination (34-43 %) von Röntgenkontrastmitteln: Iohexol, Iopromid, Iomeprol, Iopamidol; besonders gering (16 %): Diatrizoic und Iothalamic acid  Geringe Elimination von Atrazin (34 %), Gabapentin (38 %), Irgarol (32 %) und Propiconazol (32 %)
		Kommentar	Höhere Ozondosen (z. B.: 2,6 g O <sub>3</sub> /g DOC) würden die Eliminationsleistung zwar deutlich verbessern, allerdings steigt neben den Kosten auch das Risiko der Bildung von toxischen Nebenprodukten, insbesondere Bromat.

Eigene Darstellung

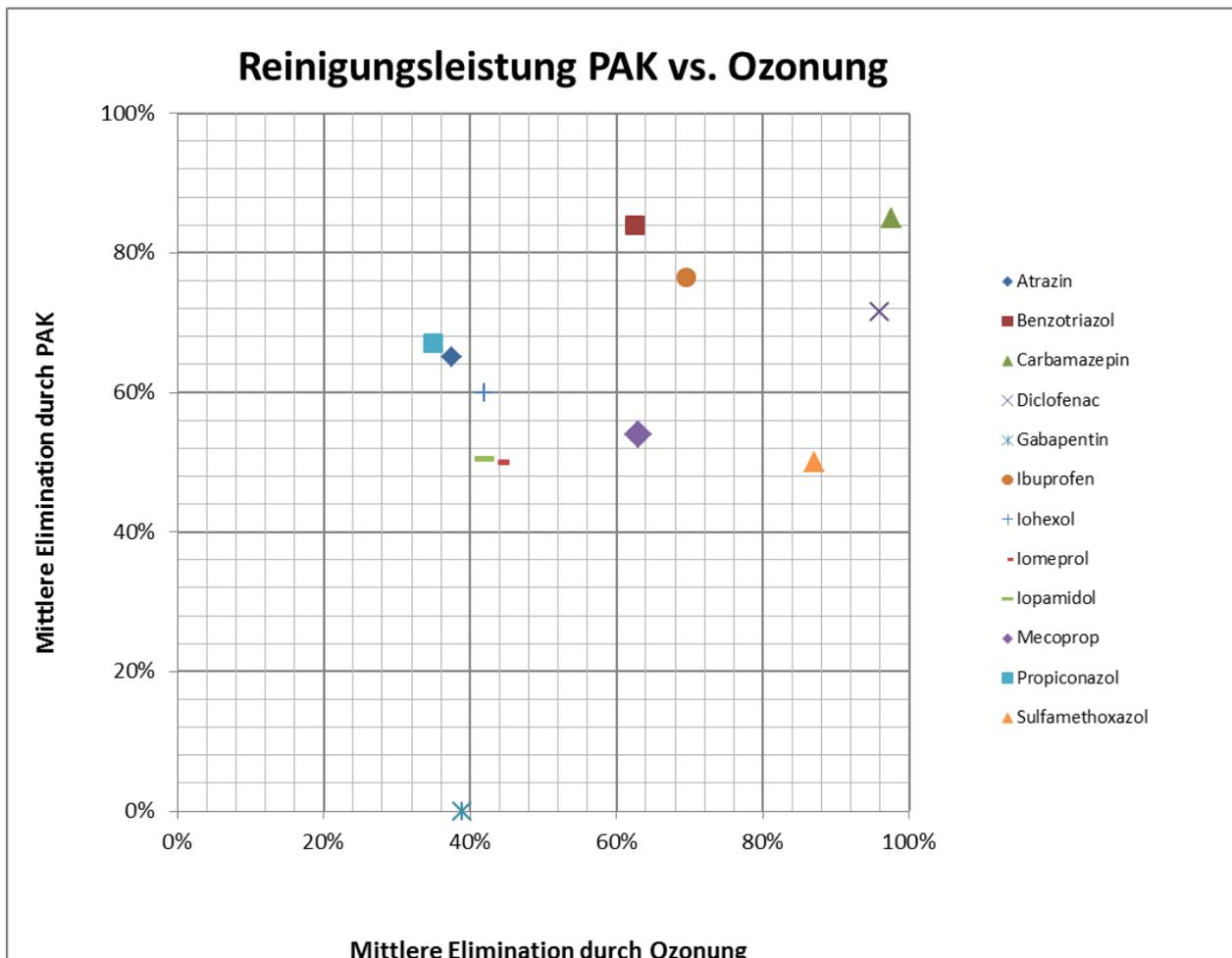


Abbildung 16: Vergleich der Eliminationsleistung von Ozon und PAK-Adsorption für ausgewählte Mikroverunreinigungen (eigene Darstellung nach *Abegglen/Siegrist* 2012, S. 74, 108)

Die Vielzahl der Studien mit unterschiedlichen Randbedingungen erschwert die Ableitung einer genauen Aussage über die zu erwartenden Eliminationsleistungen durch die Implementierung einer vierten Reinigungsstufe. Es lassen sich aber durch oben angeführte Studien Trends erkennen, welche Substanzklassen wie gut durch die weitergehende Reinigungsstufe entfernt werden können (vgl. Abschnitt 3.1.2.3). Eine entsprechende zusammenfassende Auswertung der Studien ist Tabelle 5 und dem Zwischenfazit (Abschnitt 3.3.3) zu entnehmen. Abbildung 16 zeigt für ausgewählte Mikroverunreinigungen die erzielbare Eliminationsleistung in Abhängigkeit vom Behandlungsverfahren auf.

### 3.3.2 Zusätzliche Eliminationsleistung (CSB, $P_{ges}$ )

Die vorgeschlagenen Behandlungsverfahren für die vierte Reinigungsstufe auf kommunalen Kläranlagen (vgl. Abschnitt 3.1.2) gehen mit zusätzlichen Reinigungseffekten (der Reduzierung der Parameter CSB und  $P_{ges}$ ) einher. Tabelle 12 fasst verfügbare Literaturangaben zur möglichen Reduktion des CSB im Kläranlagenablauf durch die zusätzliche Reinigungsstufe basierend auf Aktivkohleadsorption zusammen.

Tabelle 12: Zusätzliche Eliminationsleistung der Verfahren mit PAK-Adsorption hinsichtlich CSB und anderer oxidativer Parameter

CSB-Reduktion			
Schwenter, G. et al. (2013)	KW Mannheim, KW Böblingen-Sindelfingen:	PAK 10 mg/l	Verringerung der Restorganik um etwa 40 %
		PAK 20 mg/l	Verringerung der Restorganik um etwa 50 %
	Kläranlagen mit PAK-Adsorption mit Rückführung	Kommentar	ABER: Bereits ein Teil der Restorganik wird durch die schon vorhandene Filtrationsstufe beseitigt: Im Mittel also 30 % geringere CSB-Ablaufwerte (nur durch PAK)!
McArdell, C. et al. (2011)	Pilotanlage: Krankenhaus-abwasser Hospital Baden unter vorgeschalteter Behandlung einschließl. MBR	MBR + PAK (8,2 +/- 4 mg/l)	ca. 40 % Verringerung
		MBR + PAK (23 +/- 7 mg/l)	ca. 60 % Verringerung
		MBR + PAK (43 +/- 14 mg/l)	> als 60 % Verringerung
	PAK-Adsorption ohne Rückführung	Kommentar	Hier wurde nur die PAK-Reinigungsstufe betrachtet (Influent nach MBR wurde verglichen mit Effluent PAK)
Metzger, S./Kapp, H. (2008)	Zweistraßige Versuchsanlage, Klärwerk Steinhäule, Ulm	PAK 10 mg/l	40-50 % DOC- (und damit CSB-) Verringerung
		PAK 20 mg/l	60-70 % Verringerung der organischen Restverschmutzung
	PAK-Adsorption mit Rückführung	Kommentar	Mithilfe des experimentellen Aufbaus konnte gezeigt werden, dass sich aufgrund der Rückführung von Aktivkohle in die biologische Stufe ein zusätzlicher Entnahmeeffekt ergibt, der in etwa 30 % der Gesamtentnahme ausmacht. Dieser Effekt ist in obigen Angaben allerdings schon enthalten.

Eigene Darstellung

Für die Anwendung einer vierten Reinigungsstufe basierend auf PAK ist danach mit einer CSB-Reduktion um 30-70 % zu rechnen. Eine Korrelation besteht hierbei u. a. zur eingesetzten Menge an Aktivkohle. Inwiefern diese Werte lokal auch tatsächlich erreicht werden können bzw. in welcher Größenordnung die zusätzliche Eliminationsleistung (CSB) liegen wird, kann hier nicht abschließend beurteilt werden. In jedem Fall ist jedoch nach den vorliegenden Daten von einer deutlichen CSB-Reduktion durch die vierte Reinigungsstufe basierend auf PAK auszugehen.

Tabelle 13 informiert über verfügbare Angaben zur Reduktion des CSB durch die zusätzliche Reinigungsstufe basierend auf Ozonung.

Durch die Ozonung kann nur eine geringe zusätzliche Eliminationsleistung (CSB) erzielt werden. Durch die nachgeschaltete Filterstufe ergeben sich jedoch auch hier signifikante Reduktionen der CSB-Konzentrationen im Ablauf der Kläranlage von bis zu 10 %. Damit liegen die zusätzlichen Reinigungseffekte der Ozonung bezüglich des CSB deutlich unter denen der PAK-Anwendung.

Eine weitergehende **Phosphorelimination** durch eine zusätzliche Reinigungsstufe ist nur für PAK-basierte Verfahren zu erwarten, nicht für die Ozonung. Wie *Abegglen/Siegrist* (2012) ausführen, geht die erhöhte Phosphat-Eliminierung hierbei im Wesentlichen auf den Einsatz von Fällungs- und Flockungsmitteln zum Abtrennen der PAK zurück. Dabei kann „bei bisher einstufiger Fällung [...] die Fällmittelmenge mindestens um die in der PAK-Stufe dosierte Menge reduziert werden, um die bisherige Elimination aufrechtzuerhalten.“<sup>116</sup>

Tabelle 13: Zusätzliche Eliminationsleistung der Ozonung hinsichtlich CSB und anderer oxidativer Parameter

CSB-Reduktion		
Abegglen, C. et al. (2009), (2012)	Auswertung von 38 Datensätzen ohne Ozonung und 23 Datensätzen mit Ozonung	<p>Unter einem statistischen Vertrauensniveau von 95 % „führt die Ozonung zu einer geringen, aber doch signifikanten zusätzlichen Reduktion (7 %) des gelösten organischen Kohlenstoffes durch den Abbau des in der Ozonung produzierten assimilierbaren Kohlenstoffs (AOC) im nachgeschalteten Filter.“<sup>117</sup></p> <p>„Die Ozonung hat nur einen geringen Einfluss auf die herkömmlich gemessenen Parameter wie CSB, DOC, Stickstoff oder Phosphor. [...] In der nachfolgenden Stufe (z. B. Sandfilter) nehmen CSB und DOC dabei um etwa 10 % ab. Bei den Stickstoffkomponenten ist einzig die rasche Oxidation von Nitrit zu Nitrat erwähnenswert. [...] Auf die Phosphorelimination hat die Ozonung keinen Einfluss.“<sup>118</sup></p>
McArdell, C. et al. (2011)	Pilotanlage: Krankenhausabwasser Hospital Baden unter vorgeschalteter Behandlung einschließl. MBR  Ozonung ohne anschließende Filtration	<p>Keine signifikante CSB-Reduktion zwischen O<sub>3</sub>-Reaktor-Influent und -Effluent feststellbar (für verschiedene Konz. von O<sub>3</sub>)<sup>119</sup></p> <p>Allerdings kann laut anderer Quellen davon ausgegangen werden, dass der durch die Ozonung zugänglich gemachte gelöste organische Kohlenstoff in einer weiteren biologischen Reinigungsstufe (z. B. Sandfilter) geringfügig reduziert werden kann.</p>
Hollender et al. (2009)	Kommunale Kläranlage  Ozonung und anschließende Sandfiltration	Auf Nachfrage: keine signifikante Eliminierung des DOC-Gehalts (etwa 7 %). <sup>120</sup>

Eigene Darstellung

<sup>116</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 132.

<sup>117</sup> *Abegglen et al.* (2009), S. 30.

<sup>118</sup> *Abegglen/Siegrist* (2012), S. 107, 108.

<sup>119</sup> *McArdell et al.* (2011), S. 47.

<sup>120</sup> *Hollender et al.* (2009).

Mit einer Fällmitteldosierung von 2 mg Al/l<sup>121</sup> konnte die Arbeitsgruppe um Steffen Metzger<sup>122</sup> den Phosphorgehalt im Ablauf der Adsorptionsstufe unter den Schwellenwert von 0,1 mg/l absenken (bei Zulaufwerten von  $P_{ges}$  kleiner als 0,45 mg/l, wobei „selbst bei höheren  $P_{ges}$ -Werten bis zu 2,50 mg/l nach biologischer Reinigung der  $P_{ges}$ -Wert nach adsorptiver Behandlung in den Bereich des Schwellenwerts absinkt“). Eine Reduktion des Phosphorgehalts im Ablauf auf weniger als 0,1 mg/l würde bei einem Überwachungswert (GK 5) von  $P_{ges}=1$  mg/l die Abwasserabgabe für Phosphor spürbar reduzieren – und zwar um 90 % bei vorheriger Belastung in Höhe des Überwachungswertes.

Wie stark sich der Phosphorgehalt im Ablauf einer bestimmten Anlage tatsächlich reduzieren lässt, kann jedoch aus diesen Untersuchungsergebnissen nicht sicher prognostiziert werden, sondern hängt von den örtlichen Gegebenheiten (Fällmitteldosierung, örtliche Verfahrensführung, Abwasserzusammensetzung u. a.) ab. Es gibt hierzu nach wie vor wenig quantitative Aussagen. Es sei an dieser Stelle neben beiden oben genannten Quellen auch auf *Zwickenpflug et al.* (2010) hingewiesen: Hier wurde ebenfalls die Phosphorelimination in Abhängigkeit von der dosierten Fällmittelmenge untersucht, wobei in Abhängigkeit von der Verfahrensführung ein generelles  $P_{ges}$ -Reduktionspotenzial bestätigt wird.

### 3.3.3 Zwischenfazit

Der Einsatz von Aktivkohleadsorptionsverfahren geht mit zusätzlichen Verringerungen der CSB- und  $P_{ges}$ -Belastung des Kläranlagenablaufes einher. Die Ozonung wirkt sich demgegenüber nicht signifikant auf eine weitergehende Reduzierung der CSB- und  $P_{ges}$ -Ablaufwerte aus, wenngleich in Verbindung mit einer nachgeschalteten Filterstufe signifikante zusätzliche Eliminationsleistungen (CSB) möglich sind. Damit können prinzipiell auch eine Reduzierung der Abwasserabgabe-Zahllast sowie nach geltendem Recht die Verrechnung von Aufwendungen für die vierte Reinigungsstufe ermöglicht werden (vgl. Abschnitt 6.2).

---

<sup>121</sup> Mittlere Fällmitteldosierung: im Kontaktreaktor 1,5 mg Al/l, vor dem Sandfilter 0,5 mg/l.

<sup>122</sup> Metzger/Kapp (2008), S. 15.

## 4. Ordnungsrechtliche Optionen

Die Abwasserabgabe ist in ihrer Konzeption eng mit dem Ordnungsrecht verbunden. Ihre Erhebung richtet sich nach der Schädlichkeit des Abwassers, die auf der Grundlage bestimmter, stets ordnungsrechtlich verankerter Schadparameter<sup>123</sup> beurteilt und nach Schadeinheiten bemessen wird (§ 3 Abs. 1 AbwAG i. V. m. der Anlage zu § 3). Ihre konkrete Höhe wird grundsätzlich auf der Basis der Einleitungsgenehmigung („Bescheidlösung“) bestimmt (§ 4 Abs. 1 AbwAG).

In unserer Studie zur Reform der Abwasserabgabe hatten wir seinerzeit keine Empfehlung für die Etablierung eines abgabebezogenen Schadparameters Mikroverunreinigungen ausgesprochen, weil es an entsprechenden ordnungsrechtlichen Festlegungen mangelte und eine praktikable Verknüpfung mit dem Bescheidsystem (noch) nicht möglich war.<sup>124</sup>

Auf der europäischen Ebene wird mittlerweile über Maßnahmen zur Bewältigung von Arzneimittelrückständen in Gewässern, und damit über eine bedeutende Teilfraktion von Mikroverunreinigungen, nachgedacht. In der Richtlinie 2013/39/EU zur Änderung der sog. „Prioritäre-Stoffe-RL“ (2008/105/EG), die am 12. August 2013 verabschiedet worden ist, sind spezifische Bestimmungen für bestimmte pharmazeutische Stoffe verankert worden (neuer Art. 8c RL 2008/105/EG), die die Kommission dazu verpflichten, möglichst bis zum 13. September 2015 einen strategischen Ansatz gegen die Verschmutzung von Gewässern durch pharmazeutische Stoffe zu entwickeln und bis zum 14. September 2017 Maßnahmen vorzuschlagen.<sup>125</sup> In diesem Zusammenhang wäre neben Verschärfungen des Arzneimittelkontrollsystems (Zulassung und Anwendung)<sup>126</sup> auch die Änderung der RL über kommunale Abwässer zur Einführung einer weiteren Reinigungsstufe eine denkbare Handlungsoption, die gegenüber einer engen, auf Pharmaka bezogenen Lösung zudem den Vorteil hätte, zugleich dem Gesamtproblem der Mikroverunreinigungen begegnen zu können.

Auch auf nationaler Ebene wird zunehmend über Maßnahmen zur Vermeidung und Begrenzung von Mikroverunreinigungen und insbesondere Arzneimitteln diskutiert.<sup>127</sup>

Im Folgenden werden ordnungsrechtliche Optionen zur Bewältigung von Mikroverunreinigungen auf der Basis des deutschen Abwasserrechts erörtert und Verknüpfungen mit der Abwasserabgabe in den Blick genommen. Dafür ist es notwendig, zunächst einen Überblick über die Grundlagen des deutschen Abwasserrechts zu geben (siehe unten 4.1), bevor dann in einem zweiten Schritt konkrete Überlegungen für ein Basisregime angestellt werden (siehe unten 4.2). Abschließend wird noch kurz auf mögliche Konsequenzen für die finanzverfassungsrechtliche Zulässigkeit einer um den Aspekt der Mikroverunreinigungen erweiterten Abwasserabgabe eingegangen (4.3).

---

<sup>123</sup> § 3 AbwAG nennt oxidierbare Stoffe, Phosphor, Stickstoff, organische Halogenverbindungen, bestimmte Metalle (Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer) und die Giftigkeit gegenüber Fischeiern.

<sup>124</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 243.

<sup>125</sup> Vgl. dazu näher *Kern* (2014), S. 256 ff.

<sup>126</sup> Dazu grundlegend *Kern* (2010).

<sup>127</sup> Siehe etwa den Überblick bei EUWID (2012), S. 36 ff.; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014a); *Hillenbrand et al.* (2014), S. 20 ff.

## 4.1 Grundlagen des Abwasserrechts

Das WHG verlangt ergänzend zu den Bewirtschaftungsanforderungen und insbesondere auch zu den allgemeinen Anforderungen, die an die Erteilung von Benutzungserlaubnissen zu stellen sind (§ 12 WHG), dass eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) nur erteilt werden darf, wenn die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist (§ 57 Abs. 1 Nr. 1 WHG), und wenn Abwasserbehandlungsanlagen errichtet und betrieben werden, um die Einhaltung dieser Anforderungen sicherzustellen (§ 57 Abs. 1 Nr. 3 WHG). Mit der Bezugnahme auf den Stand der Technik verfolgt das nationale Abwasserrecht seit 1996 einen konsequenten Vorsorgeansatz, der zu den großen Errungenschaften des deutschen Wasserrechts zählt.<sup>128</sup>

Von den Stand-der-Technik-Anforderungen des Abwasserrechts zu unterscheiden sind Anforderungen, die sich aus den Zielvorgaben der WRRL ergeben. Da Mikroverunreinigungen in verschiedenen Flusseinzugsgebieten dazu beigetragen haben, dass ein guter Zustand bisher nicht erreicht werden konnte,<sup>129</sup> verpflichtet insoweit auch die flussgebietsbezogene Bewirtschaftungsaufgabe zu Anstrengungen gegen Mikroverunreinigungen. In NRW hat die Anerkennung dieser Verpflichtung beispielsweise dazu geführt, das Programm „Reine Ruhr“ zu entwickeln, das u. a. auch neue abwassertechnische Maßnahmen vorsieht.<sup>130</sup> Im Folgenden konzentriert sich die Darstellung allerdings auf die bewirtschaftungsunabhängige Stand-der-Technik-Anforderung.

Der „Stand der Technik“ wird in § 3 Nr. 11 WHG definiert als „der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen [...] insgesamt gesichert erscheinen lässt.“ In der Anlage 1 zum WHG sind darüber hinaus Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik genannt, die helfen sollen zu ermitteln, was jeweils Stand der Technik ist (näher dazu unten 4.2.2).

Der Gesetzgeber hat die Bundesregierung dazu ermächtigt, konkretisierte Anforderungen für das Einleiten von Abwasser festzulegen, die dem Stand der Technik entsprechen (§ 57 Abs. 2 i. V. m. § 23 Abs. 1 Nr. 3 WHG). Dies hat die Bundesregierung in der Abwasserverordnung (AbwV) getan,<sup>131</sup> die allgemeine Anforderungen (§ 3 AbwV) enthält, Analyse- und Messverfahren bestimmt (§ 4 AbwV und Anlage 1) und in ihren 57 Anhängen abwasserherkunftsbereichsbezogene konkrete Emissionsnormen für Summen- bzw. Leitparameter, aber auch für einzelne Stoffe festlegt (sog. „Branchenansatz“).<sup>132</sup>

---

<sup>128</sup> Vgl. *Köck* (2012), S. 140, 143 f.; ders. (2015). Siehe auch *Ruchay* (1988), S. 499, 500 ff.

<sup>129</sup> Siehe dazu nur den Bericht des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen über den Stand der Abwasserbeseitigung in NRW (2014a), S. 51.

<sup>130</sup> Vgl. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014b).

<sup>131</sup> Verordnung über die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I, S. 1108, ber. S. 2625), zuletzt geändert durch Art. 6 der Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen v. 2.5.2013 (BGBl. I, S. 973).

<sup>132</sup> Die Anhänge reichen vom Herkunftsbereich der häuslichen und kommunalen Abwässer (Anhang 1) bis hin zu sehr unterschiedlichen industriellen Herkunftsbereichen, wie etwa Braunkohle-Brikettfabrikation (Anhang 2) oder „Chemische Industrie“ (Anhang 22). Siehe dazu *Reinhardt* (2006).

Zu den allgemeinen Anforderungen, die für alle Abwasserherkunftsbereiche gelten, soweit in den spezifischen Anhängen nichts anderes bestimmt ist, gehört u. a. die Verpflichtung, dass die Anforderungen nicht durch Verfahren erreicht werden dürfen, bei denen es entgegen dem Stand der Technik zu Umweltbelastungsverlagerungen in andere Umweltmedien kommt (§ 3 Abs. 2 AbwV), und dass als Konzentrationswerte festgelegte Anforderungen nicht entgegen dem Stand der Technik durch Verdünnung erreicht werden dürfen (§ 3 Abs. 3 AbwV).

§ 3 Abs. 5 AbwV verlangt zudem, dass bei Abwässern, für die Anforderungen für den Ort des Anfalls festgelegt worden sind, eine Vermischung der Abwasserströme erst dann zulässig ist, wenn diese Anforderungen erfüllt sind. Ob solche Anforderungen bestehen, ergibt sich aus den abwasserherkunftsbezogenen Vorschriften in den Anhängen zur Abwasserverordnung.

Soweit Abwässer in öffentliche Abwasseranlagen eingeleitet werden sollen und herkunftsbereichsbezogene Anforderungen schon für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung mit anderen Abwässern im jeweiligen Anhang festgelegt worden sind,<sup>133</sup> ist zudem die Einholung einer vorherigen sog. Indirekteinleiter-Genehmigung vorgeschrieben, die dafür sorgen soll, dass eine präventive Kontrolle der Einhaltung dieser Vorgaben stattfindet (§ 58 Abs. 1 Satz 1 WHG).<sup>134</sup> Durch Rechtsverordnung kann festgelegt werden, unter welchen Voraussetzungen auf eine Genehmigung verzichtet und ein bloßes Anzeigeverfahren durchgeführt werden darf (§ 58 Abs. 1 Satz 2 WHG). Auf der Bundesebene ist von dieser Ermächtigung bislang kein Gebrauch gemacht worden, so dass gem. § 23 Abs. 2 WHG die Länder zu entsprechenden Regelungen ermächtigt sind. Die Länder hatten allerdings bereits auf der Basis des alten Rahmenrechts Indirekteinleiterverordnungen erlassen bzw. entsprechende Regelungen direkt durch Gesetz getroffen und dabei teilweise mit Genehmigungsfiktionen gearbeitet, wie etwa Sachsen, das die geforderte Indirekteinleitergenehmigung unter bestimmten Voraussetzungen als erteilt ansieht (§ 53 SächsWG).<sup>135</sup> Daran ist auch nach der Föderalismusreform festgehalten worden.

Durch § 57 Abs. 4 (für Anlagen, die der Industrieemissions-RL unterliegen) und durch § 57 Abs. 5 WHG wird klargestellt, dass die Anforderungen nicht nur bei der Erteilung von Abwassereinleitungserlaubnissen anzuwenden sind, sondern auch auf vorhandene Abwassereinleitungen. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit wird dabei für die notwendigen Anpassungsmaßnahmen allerdings eine angemessene Frist eingeräumt.<sup>136</sup> Im Abschnitt F. der Anhänge zur AbwV finden sich zudem ggf. abwasserherkunftsbezogen spezifische Festlegungen für die Anpassung.

---

<sup>133</sup> Beispielhaft sei hier auf den Anhang 22 (Chemische Industrie) hingewiesen.

<sup>134</sup> Im alten Wasserhaushaltsgesetz, das auf Rahmenrecht beruhte, wurde den Ländern die Regulierung von Abwassereinleitungen in öffentliche Abwasseranlagen überantwortet (§ 7 a Abs. 4 WHG a. F.). In den meisten Bundesländern bestanden auf dieser Grundlage auch bisher schon Genehmigungspflichten für die Einleitung von Abwasser in öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen und in NRW ebenso für die Einleitung von Abwasser in private Abwasserbehandlungsanlagen. Auch heute existieren in den meisten Bundesländern die Regelungen für Indirekteinleiter fort – entweder in speziellen Indirekteinleiterverordnungen (Baden-Württemberg, Berlin, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Thüringen), in den Landeswasser- bzw. Abwassergesetzen (Bayern, Niedersachsen, NRW, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Schleswig-Holstein, Hamburg) oder in Ortsentwässerungsgesetzen (Bremen).

<sup>135</sup> Siehe § 64 Abs. 3 SächsWG a. F.

<sup>136</sup> Dazu näher *Czychowski/Reinhardt* (2014), zu § 57, Rn. 64.

## 4.2 Ordnungsrechtliche Optionen für die Bewältigung von Mikroverunreinigungen

Für ein ordnungsrechtliches Basisregime zur Bewältigung der Gewässerverunreinigungen, die von Mikrokontaminanten ausgehen, stellen sich die folgenden Fragen:

1. Welche Abwasserherkunftsbereiche sind für die Einleitung von Mikroverunreinigungen verantwortlich? Lassen sich besondere Indirekteinleiter-Verantwortungsbereiche identifizieren?
2. Gibt es für die identifizierten Abwasserherkunftsbereiche einen Stand der Technik der Abwasserbehandlung von Mikroverunreinigungen bzw. gibt es einen Stand der Technik für einzelne Parameter der unter dem Begriff der Mikroverunreinigungen zusammengefassten Stoffe und Stoffgruppen?
3. Welche konkreten Anforderungen lassen sich auf der Basis eines Standes der Technik ableiten und rechtlich verankern? Wie beeinflusst die Abwasserabgabe die Mittelwahl bei der Festlegung von Anforderungen?
4. Welche Anforderungen sind an die Überwachung zu stellen? Darf ggf. auf einzelne Parameter abgestellt werden? Welche rechtlichen Anforderungen sind ggf. an die Auswahl dieser Parameter zu richten?

### 4.2.1 Identifizierung von Abwasserherkunftsbereichen und Indirekteinleitungen

Das deutsche Abwasserrecht differenziert seine spezifischen Anforderungen nach Abwasserherkunftsbereichen (siehe oben 4.1). Mit Blick auf Mikroverunreinigungen dürften jedenfalls die Herkunftsbereiche „Häusliches und kommunales Abwasser“ (Anhang 1 zur AbwV) sowie „Chemische Industrie“ (Anhang 22 zur AbwV) in besonderer Weise Verantwortung für die Einleitung tragen. Im Bereich der häuslichen und kommunalen Abwässer dürften zudem die Abwässer, die aus Krankenhäusern in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden, besonders bedeutungsvoll sein, so dass sich für diesen Bereich darüber hinaus die Frage stellt, ob bereits spezifische Anforderungen für die Indirekteinleitung sinnvoll sein können. Dies dürfte jedenfalls dann der Fall sein, wenn eine vierte Reinigungsstufe nicht für die häuslichen und kommunalen Abwässer im Ganzen, sondern nur für einzelne „hot spots“ als sinnvoll und sachgerecht erachtet wird.

Die Bundesregierung ist, wie unter 4.1 erwähnt, dazu ermächtigt, konkrete Anforderungen bereits für den Ort des Anfalls des Abwassers festzulegen und damit sicherzustellen, dass eine Vermischung mit anderen Abwässern erst dann erfolgt, wenn eine bestimmte Vorbehandlung stattgefunden hat (§ 3 V AbwV).

Gegenwärtig sind im Anhang 1 – differenziert nach fünf Größenklassen kommunaler Kläranlagen – konkrete Emissionsgrenzwerte für den chemischen Sauerstoffbedarf (CSB), den biochemischen Sauerstoffbedarf in fünf Tagen (BSB<sub>5</sub>), Ammoniumstickstoff (NH<sub>4</sub>-N), Stickstoffgesamt (N<sub>ges</sub>) sowie Phosphor-gesamt (P<sub>ges</sub>) festgelegt, die an der Einleitungsstelle in das Gewässer nach Maßgabe von § 6 AbwV einzuhalten sind. Besondere Vorgaben für den Ort des Anfalls des Abwassers enthält Anhang 1 nicht.

In Anhang 22 (Chemische Industrie) sind Emissionsgrenzwerte für den CSB, für Stickstoff (gesamt), für Phosphor (gesamt) und für die Giftigkeit des Abwassers<sup>137</sup> festgelegt worden.

---

<sup>137</sup> Konkrete Werte betreffen unterschiedliche Kompartimente der aquatischen Biozönose: Fischeier, Daphnien, Algen, Leuchtbakterien, aber auch „erbgutveränderndes Potenzial (umu-Test)“.

Darüber hinaus enthält der Anhang vielfältige Anforderungen für die Abwasserbehandlung vor ihrer Vermischung mit anderem Abwasser. Betroffen sind dabei verschiedene AOX-Verbindungen, aber auch eine Reihe weiterer Schadstoffe.

#### 4.2.2 Mikroverunreinigungen und Stand der Technik

Die untergesetzliche Festlegung konkreter Anforderungen für Mikroverunreinigungen setzt in abwasserrechtlicher Hinsicht voraus, dass die Anforderungen dem Stand der Technik entsprechen (§ 57 II WHG). Es müssen also technische Behandlungsverfahren an der „Front der technischen Entwicklung“ verfügbar sein, die bereits so ausgereift sind, dass ihre praktische Eignung als gesichert erscheint (§ 3 Nr. 11 WHG), und die konkrete Anforderung, die gestellt wird, muss sich auf der Basis solcher verfügbarer Verfahren erreichen lassen. Konkret bedeutet das, dass technische Lösungen „in Versuchs- und Pilotanlagen soweit erprobt sind, dass die Gewähr für einen einwandfreien Betrieb im technischen und großtechnischen Maßstab gegeben ist.“<sup>138</sup> Darüber hinaus enthält die Anlage 1 zum WHG („Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik“) den Hinweis, dass bei der Bestimmung des Standes der Technik u. a. auch die Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen zu berücksichtigen ist. Eine Maßnahme, die in technischer Hinsicht zwar so ausgereift ist, dass ihre praktische Verwendung als gesichert gelten kann, die aber gemessen an ihrem Beitrag zur Gewässerentlastung/Umweltentlastung als exorbitant teuer zu bewerten ist, ist nicht „Stand der Technik“ im Rechtssinne. *Gerhard Feldhaus* hat in diesem Zusammenhang bereits 1981 betont, dass die „Investitions- und Betriebskosten jedenfalls soweit zu berücksichtigen (sind), als sie nicht so hoch sein dürfen, dass man nicht mehr von einer *vernünftigen* technischen Lösung sprechen kann.“<sup>139</sup> Durch die Anlage 1 zum WHG, die maßgeblich auf europarechtliche Vorgaben zur Nutzung der besten verfügbaren Techniken (BVT- bzw. BAT-Standard) bei Industrieemissionen für die durch die Industrieemissions-Richtlinie adressierten Anlagen zurückgeht,<sup>140</sup> haben entsprechende Erwägungen eine explizite rechtliche Verankerung erfahren und sind damit nun auch jenseits des Anwendungsbereichs des Europarechts zu berücksichtigen.

Dass es praktisch erprobte technische Behandlungsverfahren gibt, ist in Kapitel 3 dieser Studie dargelegt worden und ergibt sich auch aus der Fachliteratur<sup>141</sup> und Regierungsdokumenten.<sup>142</sup> Die Kostenabschätzungen sowie die in Versuchen ermittelten Auswirkungen auf andere Verunreinigungsparameter jenseits der Mikroverunreinigungen lassen *prima facie* darauf schließen, dass die verfügbaren technischen Verfahren jedenfalls mit Blick auf bestimmte Wassernutzungen (z. B. Gewässer, die für Trinkwasserzwecke benötigt werden), aber auch mit Blick auf besonders große Kläranlagen, als „vernünftige“, d. h. kostenwirksame technische

---

<sup>138</sup> *Feldhaus* (1981), S. 165, 169.

<sup>139</sup> *Feldhaus* (1981), S. 165, 169.

<sup>140</sup> Der BVT- bzw. BAT-Standard spricht Kosten-Nutzen- bzw. Kostenwirksamkeitsaspekte deutlicher an, als der tradierte Stand-der-Technik-Begriff des deutschen Rechts (siehe nur Art. 3 Nr. 10 lit. b der Industrieemissions-RL 2010/75/EU). In der Sache war damit aber von Anfang an kein großer Unterschied verbunden, weil die Verhältnismäßigkeitsbetrachtung auch im deutschen Recht stets von Bedeutung gewesen ist; dazu näher *Koch/Jankowski* (1998), S. 57, 61.

<sup>141</sup> Vgl. *Hillenbrand et al.* (2014), S. 178 f., die in ihrer Tabelle 47 verschiedene Pilotprojekte und Umsetzungsmaßnahmen auflisten und bewerten.

<sup>142</sup> Vgl. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014a), S. 51 ff.

Lösung qualifiziert werden können, obwohl es hierfür möglicherweise noch vertiefter Analysen bedarf, die nicht Gegenstand dieser Studie sind.

Eine vollständige Kosten-Nutzen-Betrachtung der Behandlungstechnologie für Mikroverunreinigungen ist weder rechtlich geboten noch möglich. Sie ist nicht rechtlich geboten, weil Anforderungen nach dem Stand der Technik keine absolute positive Kosten-Nutzen-Bilanz voraussetzen, sondern eine relative, auf die Kostenwirksamkeit des Abwasserbehandlungsverfahrens orientierte Prüfung.<sup>143</sup> Eine vollständige Kosten-Nutzen-Betrachtung wäre auch gar nicht möglich, weil nach dem gegenwärtigen Wissensstand über die Effekte der Mikroverunreinigungen für die Schutzgüter des Wasserrechts noch kein vollständiges Wissen erzielt worden ist.<sup>144</sup> Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik ist vor diesem Hintergrund stets angewandte Vorsorge, deren Kosten lediglich nicht außer Verhältnis zum Behandlungsgewinn stehen dürfen.

Die Kostenwirksamkeit praxistauglicher technischer Behandlungsverfahren dürfte umso eher zu bejahen sein, je mehr sich der Gesetzgeber in einem ersten Schritt auf die großen Anlagen konzentriert. Eine Priorisierung im Sinne der Konzentration auf große kommunale Kläranlagen in einem ersten Schritt wird nicht nur durch Anforderungen des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes gefordert, sondern steht auch im Einklang mit dem Gleichbehandlungsgrundsatz, weil die Anlagengröße und damit auch die Menge des Abwassers ein sachgerechtes Differenzierungskriterium ist.

#### 4.2.3 Die Festlegung konkreter Anforderungen auf der Basis des Standes der Technik

Wie bereits erwähnt, darf die Bundesregierung durch Rechtsverordnung für das Einleiten von Abwasser in Gewässer Anforderungen festlegen, die dem Stand der Technik entsprechen (§ 57 Abs. 2 WHG). Welche Art von Anforderungen hierbei gestellt werden kann, legt das Gesetz nicht fest. Grundsätzlich kommen hier zwei verschiedene Ansätze der Konkretisierung in Betracht:

- Technikvorgaben und
- Emissionsvorgaben.

Technikvorgaben schreiben unmittelbar den Einsatz ganz bestimmter Behandlungstechnologien vor, Emissionsvorgaben sind Vorgaben in Bezug auf Schadstoffmengen pro Maßeinheit, die aus der Anlage in die Umwelt abgegeben werden dürfen.<sup>145</sup>

Ein Blick in die Anhänge der AbwV zeigt, dass die Bundesregierung in ihrer bisherigen Konkretisierungspraxis Anforderungen zumeist in Form von Emissionsnormen festgelegt hat. Teilweise finden sich aber auch flankierende Anforderungen oder Möglichkeiten für Ausnahmeanforderungen, die es gestatten, dass abweichend vom Emissionsgrenzwert auch eine bestimmte Minderungsquote festgelegt wird.<sup>146</sup> Für die Wahl des Konkretisierungsansatzes, den die Bundesregierung in ihrer AbwV zugrunde gelegt hat, ist der

---

<sup>143</sup> Die Anlage 1 (zu § 3 Nr. 11) zum WHG spricht von der „Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen möglicher Maßnahmen“ und meint damit die Kostenwirksamkeit der Maßnahme.

<sup>144</sup> Siehe dazu nur EUWID (2012), S. 33-35.

<sup>145</sup> Vgl. *Lübbe-Wolff* (2000), S. 99, 100.

<sup>146</sup> Siehe z. B. Anhang 18 (Zuckerherstellung), Teil C (2) der AbwV.

Zusammenhang mit der Abwasserabgabe bedeutsam gewesen,<sup>147</sup> denn der Emissionsnormenansatz wie auch der Ansatz der Schmutzfrachtminderungsquote ist am ehesten mit dem System des Abwasserabgabenrechts vereinbar, weil es eindeutiger abwasserbezogener Anforderungen bedarf, um die Abgabenbemessung und die Minderung der Abgabelast administrativ bewältigen zu können.

Rechtlich ist eine vollständige Parallelisierung von Abwasserordnungsrecht und Abwasserlenkung durch das Abgabeninstrument allerdings nicht geboten, so dass der Verordnungsgeber dem Problem der Mikroverunreinigungen auch durch bloße Technikvorgaben begegnen könnte.

Wählt er diesen Ansatz, muss vor dem Hintergrund der Anforderungen des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes beachtet werden, dass eine konkrete Technikvorgabe einen stärkeren Eingriff beinhaltet, als die Festlegung einer Emissionsnorm oder einer Reduktionsquote, weil der Technikbefehl keine Auswahl der Mittel zulässt.<sup>148</sup> Erforderlich im Sinne des Verhältnismäßigkeitsgebotes ist eine konkrete Technikvorgabe im Bereich der anlagenbezogenen Emissionsminderungspolitik<sup>149</sup> deshalb nur dann, wenn die Festlegung von Emissionsnormen oder von parameterbezogenen Reduktionsquoten nicht möglich oder wegen eines zu hohen Messaufwandes bei der Überwachung nicht praktikabel ist.

Die Einführung einer sog. „vierten Reinigungsstufe“ ist im Gefüge der oben skizzierten Konkretisierungsansätze als eine Technikvorgabe einzuordnen. Auch bei der Anordnung einer vierten Reinigungsstufe sind aber noch Auswahlmittel denkbar, wie das Kapitel über die gegenwärtig verfügbaren technischen Verfahren gezeigt hat (siehe oben 3.).<sup>150</sup> Die Auswahl zwischen unterschiedlichen technischen Verfahren mag insbesondere für die Nachrüstung bestehender Anlagen bedeutungsvoll sein, wenn die jeweilige Anlage so beschaffen ist, dass nur bestimmte Techniken mit verhältnismäßigem Aufwand eingebaut werden können. In der „Sanierungsperspektive“ (Nachrüstung bestehender Anlagen) wird man daher schon aus Gründen der Verhältnismäßigkeit u. U. Behandlungstechniken mit sehr unterschiedlichen Wirkungsergebnissen ins Kalkül zu ziehen und ggf. in den Kanon der Auswahltechniken aufzunehmen haben.

Der Freiheitsgrad in der Abwasserbehandlung wäre größer und der Eingriff demgemäß weniger belastend, wenn statt einer weiteren Reinigungsstufe (Technikvorgaben) ein oder mehrere Emissionsgrenzwerte vorgeschrieben und die Auswahl der Mittel zur Einhaltung der Grenzwerte vollkommen in das Ermessen des Gesetzesadressaten gestellt würden. Ob dieser Weg beschritten werden kann, hängt allerdings davon ab, ob es überhaupt möglich ist, mit solchen Quantifizierungen zu arbeiten. Das erscheint nach heutigem Wissensstand zweifelhaft, denn die Festlegung von Emissionsgrenzwerten bereitet gegenwärtig schon deshalb enorme Schwierigkeiten, weil es sich bei Mikroverunreinigungen um eine Sammelbezeichnung für sehr unterschiedliche Stoffe und Partikel handelt; es müssten daher zunächst sachgerechte

---

<sup>147</sup> Vgl. *Breuer* (2004), Rn. 558.

<sup>148</sup> Nach allgemeiner Auffassung ist das durch eine staatliche Norm bzw. durch einen staatlichen Rechtsakt gewählte Mittel nur dann erforderlich, wenn sich der Zweck der Maßnahme nicht durch ein anderes, gleich wirksames Mittel erreichen lässt, welches das betreffende Recht nicht oder weniger stark einschränkt; vgl. statt Vieler: *Sodan/Ziekow* (2012), § 24, Rn. 41 mit umfangreichen Nachweisen auf die Verfassungsrechtsprechung.

<sup>149</sup> Für andere Umweltpolitikzwecke, insbesondere für den Bereich der Sicherheitstechnik und der Technikvorgaben zur Vermeidung und Verminderung diffuser Emissionen, dürften Technikvorgaben i. d. R. die einzigen präventionsgeeigneten Mittel sein; dazu näher *Lübbe-Wolff* (2000), S. 99, 104 ff.

<sup>150</sup> Vgl. darüber hinaus auch *Hillenbrand et al.* (2014), S. 163 ff.

Leitparameter identifiziert werden, für die dann Emissionsgrenzwerte zu bestimmen sind. Sachgerecht ist eine Auswahl nur dann, wenn ihr auch der Sache nach eine Leitfunktion für die Bewältigung der MV-Problematik zukommt, die Auswahl also nicht willkürlich erscheint. Da das deutsche Abwasserrecht nach Herkunftsbereichen unterscheidet, sind die Leitparameter so zu wählen, dass sie zum Herkunftsbereich passen, also nicht MV-Fractionen regeln, die für den jeweiligen Herkunftsbereich keine Rolle spielen.

Nach gegenwärtigem Erkenntnisstand bieten sich als Kandidaten für „Leitparameter“ zwar einige Stoffe, insbesondere auch bestimmte pharmazeutische Stoffe, an,<sup>151</sup> die Festlegung von Emissionsgrenzwerten für diese Stoffe ist aber gleichwohl nur dann sinnvoll und zulässig, wenn ihre Einhaltung mit zumutbarem Messaufwand überwacht werden kann.

Ist dies nicht möglich, sind andere Lösungen vorzuziehen. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang etwa, mit einem Minderungsquotenkonzept zu arbeiten. Es würde dann nicht mehr um die absolute Einhaltung bestimmter Emissionsgrenzwerte im Ablauf gehen, sondern um eine relative Minderung gemessen am Zustand des Zulaufs. Ein solches Konzept wird im deutschen Abwasserrecht für einige Herkunftsbereiche flankierend bzw. ergänzend schon genutzt (siehe oben) und kann umso mehr als eine sachgerechte Konkretisierung des Standes der Technik angesehen werden, als sich Messprobleme dadurch bewältigen lassen und die Überwachung auf ein zumutbares Maß begrenzt wird. Ob die Messprobleme bei einem Minderungsquotenkonzept signifikant geringer sind, ist allerdings eine Frage, die diesseits nicht beantwortet werden kann.

Wenn wir davon ausgehen, dass ein Emissionsnormenkonzept für Mikroverunreinigungen am Messaufwand scheitern muss und dass auch vermittelnde Minderungsquotenkonzepte mit signifikanten Implementierungs- und Überwachungsproblemen behaftet sind, bedeutet dies, dass technische Vorgaben für eine vierte Reinigungsstufe auch vor dem Hintergrund des Erforderlichkeitsgebotes ein notwendiges Konkretisierungsmittel sind. Soweit unterschiedliche technische Verfahren als insgesamt gleich wirksam bewertet werden oder bei Nachrüstungen bestehender Anlagen aufgrund der Konstitution der Anlage unter zumutbaren Bedingungen nur bestimmte Technologien verwendet werden können, verlangt das Erforderlichkeitsgebot, dass dem Eingriffsbelasteten insoweit ein Auswahlermessen eingeräumt wird. Wird der Stand der Technik durch Technikvorgaben (also durch eine Liste „anerkannter“ Behandlungstechniken einer sog. „vierten Reinigungsstufe“) konkretisiert, entfällt die Festlegung von Emissionsgrenzwerten oder von summatischen Reduktionsquoten, weil vermutet werden darf, dass die Technikvorgabe bei ordnungsgemäßer Installation und ordnungsgemäßigem Betrieb sowie periodischer Wartung als solche schon den Emissionsminderungserfolg sichert.

#### 4.2.4 Rechtliche Anforderungen an die Überwachung konkreter Festlegungen

Erfolgt eine Konkretisierung in der Form technischer Vorgaben, gestaltet sich die Überwachung vergleichsweise einfach: Der Gesetzgeber kann es dabei belassen, dass der ordnungsgemäße Betrieb sowie eine periodische Wartung der Technikeinrichtungen vorgeschrieben und dokumentiert werden. Mit Blick auf die Abwasserabgabe und einen

---

<sup>151</sup> Bei hormonell wirksamen Stoffen und auch bei einigen anderen Pharmaka ist die Wirkung auf die aquatische Biozönose und auf bestimmte Vogelarten ausreichend belegt (siehe den Überblick über den naturwissenschaftlichen Wissensstand bei Kern (2010)), so dass eine entsprechende Auswahl in besonderem Maße sachlich gerechtfertigt werden könnte. Sachliche Rechtfertigungen können darüber hinaus aber auch durch die Anwendung des Vorsorgeprinzips erfolgen.

neuartigen Parameter „Mikroverunreinigungen“ könnte mit einer gesetzlichen Vermutung gearbeitet werden, wonach bei der Verwendung bestimmter Techniken und dem Wartungsnachweis von bestimmten Reinigungsleistungen ausgegangen wird.

Werden für die Nachrüstung bestehender Anlagen aus Gründen der Verhältnismäßigkeit auch Technologien mit geringerer Wirksamkeit zugelassen, könnte dies grundsätzlich auch als ein Ansatzpunkt für eine differenzierte Bemessung der Abwasserabgabe genutzt werden.

Erfolgt eine Konkretisierung demgegenüber in der Form von Emissionsgrenzwerten oder Reduktionsquoten, ist die Überwachung voraussetzungsvoller, weil nicht einfach mit Vermutungen gearbeitet werden kann, sondern die Einhaltung durch Messung nachzuweisen ist. Dabei kann es aus Gründen der Praktikabilität geboten sein, die Überwachung auf einige Parameter zu beschränken.

### 4.3 Finanzverfassungsrechtliche Fragen

#### 4.3.1 Anforderungen an die Bemessung der Abwasserabgabe

In unserer Studie über die Reformperspektiven der Abwasserabgabe ist diese als eine „Ressourcennutzungsgebühr“ bzw. Kausalabgabe eingeordnet worden, die hinsichtlich ihrer Rechtfertigung dem Zulässigkeitspfad folgt, den das BVerfG in seiner „Wasserpfennig“-Entscheidung beschritten hat.<sup>152</sup> Wörtlich heißt es in unserer Studie:

„Die Abwasserabgabe ist somit als Gegenleistung für eine staatliche Leistung anzusehen, nämlich für die Erlaubnis, das Wasser zu nutzen, obwohl es rechtlich der Allgemeinheit und nicht dem Nutzer zugeordnet ist. Damit gehört sie als sog. ‚Ressourcennutzungsgebühr‘<sup>153</sup> zu den Vorzugslasten (Kausalabgaben)<sup>154</sup> bzw. Entgeltabgaben.<sup>155</sup> Der Gegenleistungsbezug scheidet die Abwasserabgabe sowohl von der Steuer als auch von der Sonderabgabe<sup>156</sup>, und die Rechtfertigungskriterien, die für die Sonderabgaben vom BVerfG entwickelt worden sind, sind auf die Abwasserabgabe nicht anwendbar.“<sup>157</sup>

Und weiter heißt es:

„Als Gegenleistungsabgabe/Entgeltabgabe ist die Abwasserabgabe am Vorteil der Leistung zu bemessen. Dieser Vorteil muss ein materieller und nicht nur ein formeller sein. Ein materieller Vorteil liegt vor, wenn die Nutzung des Wassers durch Abwassereinleitung nicht nur die ‚Ausübung einer grundrechtlich abgesicherten Freiheit‘ darstellt,<sup>158</sup> wie es bei der Gewässernutzung zweifellos

---

<sup>152</sup> Gawel et al. (2014), S. 91-96.

<sup>153</sup> Vgl. Murswiek (1994), S. 170 ff.

<sup>154</sup> Vgl. Waldhoff (2007), § 116, Rn. 86.

<sup>155</sup> Vgl. Kirchhof (2007), § 119, Rn. 38.

<sup>156</sup> Differenzierend: Wendt/Jochum (2006), S. 333, 339, die die Abwasserabgabe als „Abschöpfungsabgabe“ qualifizieren und den Sonderabgaben im weiteren Sinne zurechnen. Wendt und Jochum heben nicht auf den Gestattungsakt ab (Gegenleistung), sondern auf den Sondervorteil, den die Nutzung des Wassers für denjenigen darstellt, der hierauf keinen Anspruch hat. In der Sache ergeben sich daraus allerdings keine anderen rechtlichen Konsequenzen als die, die für die Gegenleistungsabgaben ermittelt worden sind.

<sup>157</sup> Gawel et al. (2014), S. 93.

<sup>158</sup> Siehe Sacksofsky (2000), S. 216.

der Fall ist.<sup>159</sup> Niemand hat das Recht, Gewässer zu verschmutzen oder sonst erheblich zu belasten. Wenn der Staat es Einzelnen gestattet, einem Gewässer Schmutzfrachten zuzuführen, liegt darin ein abschöpfungsfähiger Vorteil für den Abwassereinleiter.

Fraglich ist allerdings, wie dieser Vorteil zu bemessen ist. In seinem Wasserpfeffig-Beschluss schreibt das BVerfG:

„Die für die Abgrenzung zur Steuer unerlässliche Abhängigkeit der Wasserentnahmeentgelte von einer Gegenleistung bleibt allerdings nur erhalten, wenn deren Höhe den Wert der öffentlichen Leistung nicht übersteigt. Andernfalls würde die Abgabe insoweit – wie die Steuer – „voraussetzungslos“ erhoben. Sie diene dann nicht mehr nur der Abschöpfung eines dem Abgabeschuldner zugewandten Vorteils, sondern griffe zugleich auf seine allgemeine Leistungsfähigkeit im Blick auf die Finanzierung von Gemeinlasten zu.“<sup>160</sup>

An anderer Stelle ist dazu angemerkt worden, dass der Vorteil einer individuell zugewandeten Leistung ‚entweder nach dem individuellen Wert dieses Vorteils oder aber nach den individuell zu verantwortenden Kosten der Inanspruchnahme bemessen werden‘ kann.<sup>161</sup> Dies eröffnet die Möglichkeit, die bereits angesprochenen Umwelt- und Ressourcenkosten zum Ansatz zu bringen [...].

Einen wichtigen Hinweis zur Wertbestimmung hat das BVerfG in seiner Entscheidung zur niedersächsischen ‚Wasserentnahmegebühr‘ gegeben. Dort heißt es:

„Sofern kein feststellbarer Marktpreis und keine allgemein anerkannte Bewertungsmethode für die Bestimmungen des Wertes des öffentlichen Gutes existieren, dessen Nutzungsvorteil abgeschöpft werden soll, hat der Gesetzgeber einen weiten Spielraum bei der Festlegung der Gebührensätze, die sich allerdings nicht an sachfremden Merkmalen orientieren und, gemessen an den vernünftigerweise in Betracht kommenden Hilfskriterien zur Bewertung des Vorteils, nicht in einem groben Missverhältnis stehen dürfen.“<sup>162</sup>

Vorteilsabschöpfung beinhaltet somit für den Vorgang der Abwassereinleitung ein weites Regelungsermessen.<sup>163</sup> Der Abgabesatz kann orientiert sein am Zustand der Wasserkörper, in die eingeleitet wird (Differenzierungskonzept),<sup>164</sup> er kann aber auch von konkreten Zuständen abstrahieren und Umwelt- und Ressourcenkosten proaktiv pauschal anlasten, wie es gegenwärtig bei der Abwasserabgabe der Fall ist.“<sup>165</sup>

Mit Blick auf eine Erstreckung der Abwasserabgabe auf das Problemfeld der Mikroverunreinigungen stellt sich die Frage, ob die Besonderheiten einer ordnungsrechtlichen Lösung für Mikroverunreinigungen, nämlich die Schwierigkeit, eindeutig Schmutzfrachten zu identifizieren und stattdessen mit Vermutungen (bei Technikvorgaben) bzw. relativen Minderungsquoten zu arbeiten, Auswirkungen auf die Bemessung haben müssen, weil der Sondervorteil nicht eindeutig bestimmt werden kann. Hierauf ist zu antworten, dass das BVerfG

---

<sup>159</sup> Dazu schon BVerfGE S. 58, 300, 328 ff. – Nassauskiesung. Siehe insbesondere BVerfGE S. 93, 319, 345 ff. – Wasserpfeffig.

<sup>160</sup> Vgl. BVerfGE S. 93, 319, 345 ff. (347).

<sup>161</sup> Vgl. *Gawel* (2011), S. 1000, 1006, unter Hinweis auf *Vogel*, Vorteil und Verantwortlichkeit: Der doppelgliedrige Gebührenbegriff des Grundgesetzes, FS Geiger, 1989, S. 518. Siehe dazu auch *Waldhoff* (2007), § 116, Rn. 86.

<sup>162</sup> Vgl. BVerfG, Beschl. v. 20.1.2010, NVwZ 2010, 831, 832 – Wasserentnahmeentgelt Niedersachsen.

<sup>163</sup> Dazu auch *Sacksofsky* (2000), S. 225 f.

<sup>164</sup> Dazu näher *Gawel/Möckel* (2011), S. 333, 341 ff.

<sup>165</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 94 f.

dem Gesetzgeber einen großen Spielraum einräumt und letztlich auf die Sachgerechtigkeit der verwendeten Kriterien abhebt.<sup>166</sup> Diesen Test dürfte eine Abwasserabgabe bestehen, die bei Technikvorgaben auf vermutete Schmutzfrachten und bei relativen Minderungsquoten auf relationale Erwägungen abstellt, weil die herkömmlichen Bemessungskriterien aus unterschiedlichen Gründen nicht herangezogen werden können.

#### 4.3.2 Zweckbindung und Verteilung des Abgabeaufkommens

Im Zusammenhang mit der Diskussion um die Einführung einer vierten Reinigungsstufe wird daran gedacht, einen Teil des Abgabeaufkommens für die Finanzierung der Investitionen in die vierte Reinigungsstufe zu verwenden (dazu unten Abschnitt 6). Da die Gesetzgebungszuständigkeit für die Abwasserabgabe der Sachzuständigkeit folgt und die Abwasserabgabe der Sachmaterie des Wasserhaushalts zuzurechnen ist,<sup>167</sup> hat der Bund die konkurrierende Kompetenz für diesen Gesetzgebungsgegenstand. Die Kompetenz erstreckt sich auch auf die Zweckbindung für das Abgabeaufkommen. Da es sich bei der Abwasserabgabe um eine sog. „stoff- oder anlagenbezogene Regelung“ handelt (Art. 72 Abs. 3 Nr. 5 GG), und die Zweckbindungsregelung als ein Annex der Sachregelung anzusehen ist, sind nicht nur die Regelungen über die Abwasserabgabe als solche, sondern auch die Zweckbindungsregeln als abweichungsfest anzusehen.<sup>168</sup>

Soweit allerdings daran gedacht wird, für die Verwendung des Aufkommens länderübergreifende Verteilungskonzepte vorzusehen, um sicherzustellen, dass die Stadtstaaten mit ihren großen Kläranlagen nicht das gesamte Aufkommen für Investitionen in die vierte Reinigungsstufe benötigen, sind vielfältige Fragen aufgeworfen, die im Rahmen dieser Studie nicht mehr bearbeitet werden können, sondern einer besonderen Analyse bedürfen.

#### 4.4 Zusammenfassung

1. Bei der Verzahnung der Abwasserabgabe mit ordnungsrechtlichen Anforderungen zur MV-Elimination sind von besonderem Interesse allgemeine und flächendeckende Emissions-Anforderungen sowie bewirtschaftungsbezogene Einzelfallentscheidungen.
2. Das Bewirtschaftungsrecht des WHG verpflichtet u. a. dazu, die Gewässer so zu bewirtschaften, dass ein guter Zustand erhalten bzw. erreicht wird (§§ 27, 47 WHG). Da Mikroverunreinigungen in verschiedenen Flusseinzugsgebieten dazu beigetragen haben, dass ein guter Zustand bisher nicht erreicht werden konnte, verpflichtet insoweit auch die flussgebietsbezogene Bewirtschaftungsaufgabe zu Anstrengungen gegen MV. Da durch die wasserrechtlichen Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne kaum Einfluss zu nehmen ist auf andere Politikbereiche, wie z. B. auf die Gefahrstoffproduktspolitik, werden abwassertechnische Maßnahmen daher voraussichtlich auch auf bewirtschaftungsrechtlicher Grundlage zukünftig an Bedeutung gewinnen. Hinzu treten unionsrechtliche Impulse bei Arzneimittelrückständen aus der Richtlinie 2013/39/EU zur Änderung der sog. „Prioritäre-Stoffe-RL“ (2008/105/EG).
3. Mit Blick auf die emissionsbezogenen allgemeinen Anforderungen gilt hingegen Folgendes: Die abwasserrechtliche Verpflichtung für Direkteinleiter, eine Abwasserbehandlung nach

---

<sup>166</sup> Vgl. BVerfG, Beschl. v. 20.1.2010, NVwZ 2010, S. 831, 832 – Wasserentnahmeentgelt Niedersachsen.

<sup>167</sup> Dazu näher *Gawel et al.* (2014), S. 97 ff.

<sup>168</sup> Dazu näher *Gawel et al.* (2014), S. 98-101.

dem Stand der Technik vorzunehmen, stellt eine gesetzliche Konkretisierung des Vorsorgeprinzips dar. Das deutsche Abwasserrecht geht mit diesem Maßstab über das europäische Recht hinaus, das die BAT/BVT-Verpflichtungen bisher nur auf den Anwendungsbereich der IVU-RL (jetzt: Industrieemissions-RL) bezieht. Die Verpflichtung erstreckt sich nach Maßgabe untergesetzlicher Konkretisierungen grundsätzlich auch auf den Bereich der Mikroverunreinigungen, soweit ein Stand der Technik verfügbar ist.

4. Von einem Stand der Technik kann dann gesprochen werden, wenn technische Lösungen „in Versuchs- und Pilotanlagen soweit erprobt sind, dass die Gewähr für einen einwandfreien Betrieb im technischen und großtechnischen Maßstab gegeben ist“<sup>169</sup>. Eine Maßnahme, die in technischer Hinsicht zwar so ausgereift ist, dass ihre praktische Verwendung als gesichert gelten kann, die aber gemessen an ihrem Beitrag zur Gewässer-/Umweltentlastung als exorbitant teuer zu bewerten ist, ist nicht „Stand der Technik“ im Rechtssinne.
5. Eine vollständige Kosten-Nutzen-Betrachtung von Behandlungstechnologien für die Eliminierung bzw. Reduktion von Mikroverunreinigungen ist weder rechtlich geboten noch möglich. Sie ist nicht rechtlich geboten, weil Anforderungen nach dem Stand der Technik keine absolute positive Kosten-Nutzen-Bilanz voraussetzen, sondern eine relative, auf die Kostenwirksamkeit des Abwasserbehandlungsverfahrens orientierte Prüfung. Eine vollständige Kosten-Nutzen-Betrachtung wäre auch gar nicht möglich, weil nach dem gegenwärtigen Wissensstand über die Effekte der Mikroverunreinigungen für die Schutzgüter des Wasserrechts noch kein vollständiges Wissen erzielt worden ist. Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik ist vor diesem Hintergrund stets angewandte Vorsorge, deren Kosten lediglich nicht außer Verhältnis zum Behandlungsgewinn stehen dürfen. Die Kostenwirksamkeit verfügbarer Eliminationstechniken dürfte umso eher gegeben sein, je mehr sich der Gesetzgeber in einem ersten Schritt auf die großen Anlagen konzentriert.
6. Konkrete Anforderungen auf der Basis des Standes der Technik darf die Bundesregierung als Verordnungsgeber in der Form von Technikvorgaben oder Emissionsvorgaben stellen. Auch prozentuale Reduktionsvorgaben sind ein zulässiges Konkretisierungsmittel. Vor dem Hintergrund der Anforderungen des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes muss beachtet werden, dass eine konkrete Technikvorgabe einen stärkeren Eingriff beinhaltet, als die Festlegung einer Emissionsnorm oder einer Reduktionsquote, weil der Technikbefehl keine Auswahl der Mittel zulässt. Schwierigkeiten bei der Auswahl von Leitparametern für Mikroverunreinigungen und praktische Gründe des Messaufwandes können dazu führen, dass statt mit Emissionsnormen oder mit Reduktionsquoten mit konkreten Technikvorgaben gearbeitet werden muss. Das entspricht dann in aller Regel auch dem Erforderlichkeitsgebot.
7. Die Überwachungsanforderungen sind abhängig vom gewählten Konkretisierungskonzept (Technikvorgaben oder Emissionsvorgaben). Bei Technikvorgaben kann im Hinblick auf die Behandlungsleistung bzw. Restverschmutzung mit Vermutungen gearbeitet werden.
8. Die Bemessung der Abwasserabgabe muss auch mit Blick auf das Problemfeld der Mikroverunreinigungen sachgerecht sein. Soweit wegen der spezifischen Sachprobleme von Mikroverunreinigungen eine Bemessung nach Schmutzfrachten nicht möglich ist, dürfen andere Kriterien verwendet werden. Das Abstellen auf vermutete Schmutzfrachten bei

---

<sup>169</sup> *Feldhaus* (1981), S. 169.

Technikvorgaben und auf relationale Erwägungen bei relativen Minderungsquoten erfüllt die Anforderungen an Sachgerechtigkeit.

9. Die Regelungen zur Abwasserabgabe sind „stoff- oder anlagenbezogene Regelungen“ im Sinne von Art. 72 Abs. 3 Nr. 5 GG. Zweckbindungsregelungen zur Aufkommensverwendung der Abwasserabgabe sind ein Annex der Sachregelung und gehören deshalb ebenfalls zu den stoff- oder anlagebezogenen Regelungen. Sie sind daher als abweichungsfest anzusehen.
10. Überlegungen, für die Verwendung des Aufkommens länderübergreifende Verteilungskonzepte vorzusehen, um sicherzustellen, dass die Stadtstaaten mit ihren großen Kläranlagen nicht ihr gesamtes Abgabeaufkommen zur Finanzierung von Investitionen in die vierte Reinigungsstufe benötigen (dazu unten Kapitel 6.2.4), werfen so vielfältige und schwerwiegende Fragen auf, dass sie im Rahmen dieser Studie nicht mehr bearbeitet werden können, sondern einer besonderen Analyse bedürfen.

## 5. Erfahrungen mit Finanzierungsmodellen im Ausland sowie Fondsmodellen im Inland und deren Übertragbarkeit

### 5.1 Entwicklungen im Ausland

Obwohl die Problematik organischer Mikroverunreinigungen in Gewässern inzwischen in einer Vielzahl von Staaten anerkannt wird und verschiedene Vorschläge zu ihrer Behebung kursieren,<sup>170</sup> lassen sich in den öffentlich zugänglichen Quellen bislang weithin keine zielgerichteten Überlegungen zur Finanzierung entsprechender Maßnahmen erkennen. Die einzige Ausnahme stellt die Schweizer Initiative zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen im Abwasser dar, die im folgenden Abschnitt näher vorgestellt wird.

Eine wesentliche Ursache für die ansonsten ausbleibenden Aktivitäten kann darin gesehen werden, dass trotz einer kaum noch überschaubaren Literatur zu den Auswirkungen von Mikroverunreinigungen nach wie vor große Unsicherheit hinsichtlich des Gefährdungspotenzials (für den Menschen) besteht. Vorhandene Maßnahmen beschränken sich daher bislang weitgehend auf Instrumente mit überschaubaren Kosten wie die verbesserte Information von VerbraucherInnen<sup>171</sup> und die Einrichtung von Rücknahmeprogrammen für nicht verwendete oder abgelaufene Medikamente.<sup>172</sup>

Hinzu kommt, dass in vielen OECD-Staaten ohnehin umfangreiche Investitionen zur Erneuerung der bereits bestehenden Infrastruktur zur Abwasserentsorgung bzw. zur Anpassung an verschärfte gesetzliche Anforderungen an die Abwasserbehandlung (in Bezug auf „klassische“ Schadstoffe oder Energieeffizienz) anstehen.<sup>173</sup> So kreisen etwa in den USA alle finanziellen Überlegungen mit Blick auf den Abwassersektor um die Instandhaltung der gegenwärtigen Infrastruktur und die Bewältigung einer hier bestehenden Finanzierungslücke in dreistelliger Milliardenhöhe.<sup>174</sup> Angesichts dieser Ausgangslage ist es nicht überraschend, dass sich bislang keine nennenswerten Bestrebungen für eine umfassendere Erweiterung von Behandlungsanlagen zur Elimination von Mikroverunreinigungen erkennen lassen und vereinzelt Forderungen von Umweltschutzorganisationen in dieser Richtung kaum Gehör finden.<sup>175</sup>

---

<sup>170</sup> Dazu etwa statt vieler Canadian Council of Ministers of the Environment (2006); *Bernath et al.* (2012); *Spitz/Brennan* (2012).

<sup>171</sup> In Kanada und Schweden wurden bspw. Websites zur Information der Bevölkerung hinsichtlich der Umweltauswirkungen von Medikamenten eingerichtet: <http://www.healthsteward.ca/> (Kanada); <http://www.fass.se/> (Schweden); [https://www.ncjrs.gov/ondcppubs/publications/pdf/prescrip\\_disposal.pdf](https://www.ncjrs.gov/ondcppubs/publications/pdf/prescrip_disposal.pdf) (USA) (abgerufen am 27.03.2014).

<sup>172</sup> EU-Mitgliedstaaten sind durch Art. 127b der EU-Richtlinie 2004/27/EG zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel verpflichtet, für geeignete Sammelsysteme zu sorgen.

<sup>173</sup> *Kauffmann* (2011), S. 88; Organisation for Economic Co-operation and Development (2011), S. 42 ff.

<sup>174</sup> Environmental Protection Agency (EPA) (2003, 2008a, 2008b, 2010, 2011); Government Accountability Office (GAO) (2009, 2010, 2013).

<sup>175</sup> Alliance for the Great Lakes (2011), S. 13 f. Zu weiteren Forderungen siehe Association of Metropolitan Water Agencies (AMWA) (2013), S. 13 f.

## 5.2 Das Schweizer Modell

In starkem Kontrast zu diesem allgemeinen Bild steht die Situation in der Schweiz.<sup>176</sup> Hier wird bereits seit mehreren Jahren eine Änderung der dortigen Gewässerschutzverordnung (GSchV) anvisiert, welche die Aufrüstung eines substanziellen Teils der landesweiten Kläranlagen (über 100 der insgesamt 700) verpflichtend macht. Einem Änderungsentwurf von 2011 zufolge sollen 12 große Anlagen ab 80.000 EinwohnerInnen sowie etwa 100 mittlere Anlagen<sup>177</sup> organische Mikroverunreinigungen im Ablauf um 80 % verringern, wobei zur Überprüfung ausgewählte, gut messbare Indikatorsubstanzen wie Atenol oder Diclofenac im Gespräch sind. Insgesamt wird durch diese Maßnahme eine Reduzierung der Belastung von Gewässern mit Mikroverunreinigungen aus Abwässern um etwa 50 % erwartet.<sup>178</sup> Nachdem die bislang letzte Änderung der Gewässerschutzverordnung vom 01.01.2014 die Thematik noch ausklammerte, wird nunmehr bis Anfang 2016 eine entsprechende Überarbeitung angekündigt.<sup>179</sup>

Die im geplanten Ausbaue Zeitraum von 20 Jahren erforderlichen Erstinvestitionskosten werden auf etwa 1 Mrd. Euro geschätzt zzgl. ca. 107 Mio. Euro jährliche Kosten für weitere Investitionen, Werterhalt und Betrieb, wovon etwa die Hälfte auf Betriebskosten entfällt. Umgelegt auf alle Schweizer BürgerInnen würde dies einen Anstieg der Kosten der Abwasserbehandlung um etwa 10–15 % bedeuten, was einer Gebührenerhöhung von etwa 10–35 CHF (gegenwärtig ca. 10–35 €) pro Jahr entspricht.<sup>180</sup>

Zur Finanzierung der entsprechenden Investitionen in die Behandlungsinfrastruktur wurden unterschiedliche Ansätze geprüft, wobei im Zentrum die Fragen nach a) der Herkunft der Mittel sowie b) den genauen Modalitäten der Mittelverwendung i. S. geeigneter Fördermaßnahmen standen. Mögliche Optionen wurden dabei nach den Kriterien Verursachergerechtigkeit, Sicherheit/Stetigkeit der Finanzierung, Vollzugsaufwand und Transparenz bewertet. Darüber hinaus sollte die Finanzierungslösung nicht mit Mehrkosten für öffentliche Haushalte einhergehen:

- a) **Herkunft der Mittel:**<sup>181</sup> Eine zunächst geplante reine Gebühren-Finanzierung bei den zum Ausbau verpflichteten Kläranlagen (**Gebührenlösung** ohne gesondertes Finanzierungsinstrument) wurde verworfen, da hierdurch nur die BürgerInnen im Einzugsbereich dieser Kläranlagen an der Finanzierung beteiligt worden wären, während aber alle SchweizerInnen in vergleichbarem Maße zur Verschmutzung durch organische Mikroverunreinigungen beitragen. Die ergänzende Verwendung von **Steuermitteln** wird ebenfalls als nicht verursachergerecht angesehen, da die Bemessungsgrundlagen bestehender Steuern (bspw. wirtschaftliche Leistungsfähigkeit

---

<sup>176</sup> Siehe hierzu auch jüngst im Überblick *Schärer* (2014).

<sup>177</sup> Anlagen im Einzugsgebiet von Seen ab 24.000 angeschlossenen EinwohnerInnen, Anlagen an Fließgewässern oder wenn eine Reinigung aufgrund besonderer hydrogeologischer Verhältnisse erforderlich ist ab 8.000 angeschlossenen EinwohnerInnen, Anlagen an Fließgewässern in einem ökologisch sensiblen oder für die Trinkwasserversorgung relevanten Gebiet.

<sup>178</sup> Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012a).

<sup>179</sup> Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2014), S. 6.

<sup>180</sup> Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012a); *Basler* (2012), S. 12 f. „Zu den Kostenschätzungen des Schweizer Modells insgesamt siehe etwa BG Ingenieure und Berater AG (2012). Zu den volkswirtschaftlichen Effekten alternativer Finanzierungsmodelle ferner *Bernath et al.* (2012).“

<sup>181</sup> Vgl. zum Folgenden ECOPLAN (2001); *Basler* (2012).

im Falle der Körperschaftsteuer) keinen direkten Bezug zur Emission von Mikroverunreinigungen aufweisen.

Angesichts dieser Konstellation ist im März 2014 die Einführung einer bundesschweizerischen **Abwasserabgabe** beschlossen worden.<sup>182</sup> Diese soll ab 2016 bis maximal Ende 2040 durch den Bund von allen zentralen Abwasserbehandlungsanlagen erhoben werden, die nicht über eine vierte Reinigungsstufe verfügen. Die entsprechenden Kosten sollen über Gebühren an alle landesweit angeschlossenen EinwohnerInnen und Unternehmen weitergereicht werden. Die Abwasserabgabe zielt jedoch entgegen früherer Überlegungen lediglich auf die Bereitstellung von Mitteln zur Finanzierung von Erstinvestitionen. Laufende Kosten werden folglich parallel über zusätzliche Gebührenerhöhungen gedeckt, die nur die EinwohnerInnen im Einzugsbereich der betreffenden Behandlungsanlagen tragen. Bemessungsgrundlage für die Abgabe ist die Zahl angeschlossener EinwohnerInnen. Eine verursachergerechtere, d. h. der konkreten Schadstofffracht besser entsprechende Bemessungsgrundlage in Form der CSB-Belastung im Kläranlagenab- oder -zulauf wurde unter Verweis auf den damit erwarteten Mehraufwand sowie aufgrund der Sorge vor verzerrenden Anreizen bei der Wahl der Behandlungstechnologie verworfen.<sup>183</sup> Eine direkte Bemessung anhand der MV-spezifischen Schadstofffracht wird ebenfalls als zu aufwändig erachtet. Auch werden hierbei keine zusätzlichen Lenkungsanreize in Richtung einer Reinigung über das vorgeschriebene Niveau von 80 % hinaus oder der Weiterentwicklung von Behandlungstechnologien erwartet.<sup>184</sup>

- b) **Mittelverwendung:**<sup>185</sup> Das Aufkommen aus der neuen Abwasserabgabe fließt in einen Fonds, aus dem Mittel für die Einrichtung einer vierten Reinigungsstufe gewährt werden sollen. Vorgesehen sind Zuschüsse zu den Erstinvestitionen, wobei diese über einen Zeitverlauf von 20 Jahren abgerufen werden können. Gemäß Art. 61b GSchG können diese Zuschüsse auch für Investitionen in Kanalsysteme abgerufen werden, sofern diese ebenfalls zur Einhaltung der (in der Gewässerschutzverordnung noch festzulegenden) Anforderungen zu Mikroverunreinigungen beitragen. Um Fehlanreize in Richtung überteuerter Investitionen zu vermeiden, sollen die Zuschüsse maximal 75 % betragen. Weitere Bestimmungen und Vergabekriterien – etwa die Bemessung der Zuschüsse anhand von Sollwerten anstatt der tatsächlich anfallenden Investitionskosten sowie die Bindung der Gewährung von Zuschüssen an die Voraussetzungen einer zweckmäßigen Planung, eines sachgemäßen Beitrags zum Gewässerschutz, der

---

<sup>182</sup> Gewässerschutzgesetz (GSchG), Änderung vom 21. März 2014, <http://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2014/2911.pdf> (abgerufen am 13.05.2014). Darüber hinaus existieren in einigen Kantonen (z. B. Bern) bereits kantonale Abwasserabgaben, aus deren Einnahmen Neubauten und Erweiterungen von Kläranlagen finanziert werden. Diese wurden in der Finanzierungslösung jedoch nicht berücksichtigt.

<sup>183</sup> ECOPLAN (2001), S. 51.

<sup>184</sup> ECOPLAN (2001), S. 34. Begründet wird dies damit, dass bei vielen relevanten Produkten eine geringe Nachfrageelastizität bestehe (Markt- und Preiseffekte) und Behandlungstechnologien bereits entwickelt seien (dynamische Einkommenseffekte). Dem ist freilich entgegenzuhalten, dass nicht alle MV-relevanten Produkte immun gegen Preiseffekte sind (die bspw. über öffentliche Informationskampagnen seitens der Kommunen aktiviert werden könnten) und (ggf. kostensenkende) Weiterentwicklungen von Behandlungstechnologien keineswegs ausgeschlossen sind.

<sup>185</sup> Gewässerschutzgesetz (GSchG), Änderung vom 21. März 2014; *Basler* (2012); Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012a); ECOPLAN (2001); Botschaft zur Änderung des Gewässerschutzgesetzes, <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/31475.pdf> (abgerufen am 31.03.2014).

Einhaltung eines vorgegebenen Stands der Technik sowie der „Wirtschaftlichkeit“ der Investition – sollen in einer zukünftigen Fassung der Gewässerschutzverordnung festgehalten werden.<sup>186</sup>

### 5.3 Fondslösungen

In der Debatte um geeignete Instrumente zur Finanzierung öffentlicher Infrastruktur (u. a.) im Bereich der Abwasserentsorgung finden sich zunehmend Überlegungen zu Fondslösungen, die daher im Folgenden vorgestellt werden sollen.<sup>187</sup> Der Begriff des „Fonds“ ist nicht einheitlich definiert und bezeichnet unterschiedlichste Formen eines von übrigen Haushaltsmitteln abgesonderten Vermögens, das für einen spezifischen Einsatzzweck bestimmt ist. In vielen Fällen lassen sich Fonds über 1) ein Kapitalvermögen, 2) rechtliche Strukturen bzw. Festlegungen von Zweck und Verwendungsweise der Mittelvergabe, 3) eine Aufsichts- und 4) eine Managementstruktur beschreiben. Das Finanzierungsmodell kann dabei sehr unterschiedlich ausfallen: Der Finanzierungsbeitrag des Fonds ergibt sich entweder aus den Zinsen des an den Kapitalmärkten angelegten Fondskapitals (*Endowment Fund*), aus einem Kapitalstock, der über die Zeit aufgezehrt wird (*Sinking Fund*), oder aber aus kontinuierlichen Zuflüssen, die gleichzeitig die Höhe der Auszahlungen definieren (rotierender Fonds bzw. *Revolving Fund*).<sup>188</sup> Hieran wird bereits ersichtlich, dass Fonds sowohl Mittelbeschaffungs- als auch Mittelverwaltungsinstrumente sein können.

Im Bereich der öffentlichen Hand kann als zentraler Unterschied zu klassischen Finanzierungsinstrumenten die Tatsache gewertet werden, dass öffentliche Fondsvermögen in der Regel einen gesonderten Status innerhalb des Budgets der betreffenden Verwaltungseinheit (Bund, Land, Kommune) aufweisen. Zum einen sind die in ihnen gesammelten Finanzmittel – anders als Steuereinnahmen – von vornherein zweckgebunden, ohne dass sie – wie Gebühren oder Beiträge – eine bestimmte staatliche Leistung begründen, auf die ein/e BürgerIn einen Anspruch hat. Zum anderen besteht der Sonderstatus von Fondsmitteln darin, dass sie in Form eines Anhangs zum bzw. gesonderten Bereichs im Haushaltsplan (Neben- oder Sonderhaushalte) ausgewiesen werden. Bisweilen existieren öffentliche Fonds auch vollständig außerhalb des Budgets (Schattenhaushalte oder Parafiski).<sup>189</sup> Deutsche Sonderabgaben, deren Einnahmen in der Vergangenheit dem verfassungsrechtlichen Kriterium der gruppennützigen Verwendung unterlagen, waren stets mit der Schaffung derartiger Nebenhaushalte verbunden. Da im Falle der deutschen Abwasserabgabe eine einfachgesetzliche Zweckbindung nach § 13 AbwAG bis heute fortbesteht, wird ihr Aufkommen weiterhin über besondere Haushaltstitel verwaltet bzw. kann über geschlossene Fonds verwaltet werden.<sup>190</sup>

Die Finanzierung öffentlicher Aufgaben über Fonds sieht sich starker Kritik ausgesetzt, da 1) die Zweckbindung öffentlicher Einnahmen den haushaltspolitischen Grundsatz der Nonaffektation („Nicht-Zweckbindung“) durchbricht und somit das Haushaltsrecht des Parlaments einschränkt, 2) eine Vielzahl von Fonds die öffentlichen Finanzen noch unübersichtlicher werden lässt und

---

<sup>186</sup> Online-Mitteilung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) vom 27.06.2013, <http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/02667/12690/index.html?lang=de&msg-id=49455> (abgerufen am 17.10.2014).

<sup>187</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development (2010), S. 89 f., (2012), Kap. 4.

<sup>188</sup> Klug (2001), S. 4.

<sup>189</sup> Vgl. zu diesen Kategorien mit Bezug zum deutschen Bundeshaushalt *Burmeister* (1997), S. 209 ff.

<sup>190</sup> *Köhler/Meyer* (2006), § 13 Rdnr. 1, 7. Dieser Sonderstatus ist gut ersichtlich in den Haushaltsplänen von Hamburg und Schleswig-Holstein, wo die Mittelverwendung in einem gesonderten Anhang ausgewiesen wird.

3) ggf. bestehende Kreditfinanzierungsbeschränkungen („Schuldenbremsen“) unterlaufen werden.<sup>191</sup> Unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten kann vor allem der erste Punkt kritisch gesehen werden,<sup>192</sup> da die Zweckbindung öffentlicher Gelder eine kontinuierliche Rejustierung der Investitionsprioritäten durch die Politik behindert, was dem Ziel einer Wohlfahrtsmaximierung durch treuhänderisch verwaltete öffentliche Mittel zuwiderläuft.

Als ein wesentlicher Vorteil öffentlicher Fonds kann aber spiegelbildlich gelten, dass die mit der Einrichtung eines Fonds verbundene Zweckbindung der Mittel eine sichere Finanzierungsquelle für bestimmte, als prioritär gesetzte Maßnahmen etabliert, die nicht dem Risiko einer Abschmelzung im Zuge (kurzsichtiger) haushaltspolitischer Aushandlungsprozesse unterliegt. Zweitens ist mit der Einrichtung eines Fonds bisweilen – so voraussichtlich im geplanten Schweizer Finanzierungsmodell,<sup>193</sup> nicht aber im Fall der deutschen Abwasserabgabe<sup>194</sup> – die Durchbrechung des Grundsatzes verbunden, anfallende Einnahmen im betreffenden Haushaltsjahr vollständig zu verwenden (Jährlichkeitsprinzip).<sup>195</sup> Auf diese Weise erhöht sich die Flexibilität der Mittelverwendung, was insbesondere bei Infrastrukturmaßnahmen, die hohe Anfangsinvestitionen erfordern, von Vorteil sein kann. Drittens können Fonds derart gestaltet werden, dass sie das ihnen zur Verfügung stehende Kapital zur Akquise von zusätzlichem (privaten) Fremdkapital einsetzen und somit die finanziellen Spielräume etwa von Kommunen erheblich erweitern können.

Aus diesen Gründen erfreuen sich Fonds bei der Finanzierung öffentlicher Infrastruktur im Bereich der Abwasserentsorgung international hoher Beliebtheit. Vor allem in den USA, wo Entwässerungsgebühren häufig nur einen Bruchteil der Entsorgungskosten decken<sup>196</sup> und die Gemeinden daher auf zusätzliche Finanzierungsquellen dringend angewiesen sind, spielen Fonds eine zentrale Rolle.<sup>197</sup> Das US-Fonds-System besteht dabei aus einem zentralen Fonds auf Bundesebene (*Clean Water State Revolving Fund*), der aus Haushaltsmitteln gespeist wird und zinsgünstige Kredite und Zuschüsse an gliedstaatliche Fonds vergibt, die wiederum Kredite an Kommunen für Maßnahmen im Wasser- und Abwassersektor vergeben. Auch in anderen Staaten wie Brasilien, China, Österreich oder Polen sind Fondsfinanzierungsmodelle im (Ab-) Wassersektor anzutreffen.<sup>198</sup>

In Deutschland sind Fondslösungen im Bereich Wasser/Abwasser unüblich. Dies kann daran liegen, dass der in den Kommunalabgabengesetzen der Länder verankerte Kostendeckungsgrundsatz eine volle Refinanzierung der Kosten öffentlicher Einrichtungen gestattet und somit keine (mit anderen Ländern vergleichbare) Finanzierungslücke eröffnet, auf die mit Hilfe eines

---

<sup>191</sup> *Burmeister* (1997), S. 9 ff., 226 f.

<sup>192</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development (2012), S. 71.

<sup>193</sup> So zumindest der Hinweis im Finanzierungsgutachten von ECOPLAN (2001), S. 83.

<sup>194</sup> *Köhler/Meyer* (2006), § 13, Rdnr. 1.

<sup>195</sup> Im Falle der Abwasserabgabe scheint dieser Grundsatz allerdings nur bedingt Anwendung zu finden. Bspw. rechnet Bremen für das Jahr 2013 mit Rücklagen aus der Abwasserabgabe in Höhe von 7,1 Mio. Euro, was etwa dem Zweifachen der jährlichen Einnahmen des Landes aus der Abgabe entspricht (Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Bremen 2013).

<sup>196</sup> Government Accountability Office (2010), S. 8.

<sup>197</sup> Government Accountability Office (2009, 2010).

<sup>198</sup> Landesrechnungshof Niederösterreich (2001); Organisation for Economic Co-operation and Development (2012), S. 62, 85 f.; für Polen siehe Nationaler Fonds für Umweltschutz und Wasserwirtschaft (2009) mit Online-Informationen unter <https://www.nfosigw.gov.pl/> (abgerufen am 31.03.2014).

ergänzenden Fonds reagiert werden müsste.<sup>199</sup> Im Falle von Investitionsmittelengpässen können die Länder zudem auf die Einnahmen aus der Abwasserabgabe zurückgreifen.

Lediglich zur Lösung vereinzelter Spezialprobleme, wie dem über das Haftungsrecht nicht beizukommenden Risiko für Landwirte aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung, sind bislang Fondslösungen etabliert (freiwilliger Klärschlammfonds und gesetzlicher Klärschlamm-Entschädigungsfonds).<sup>200</sup> Hierbei zahlen die (kommunalen) Klärschlammherzeuger pro Tonne Klärschlamm jährliche Beiträge, bis ein vorher festgelegtes Fondsvolumen erreicht ist. Anschließend ruht die Beitragspflicht bis das Zielvolumen wieder unterschritten wird. Entstehen LandwirtInnen, GärtnerInnen oder Dritten (z. B. AbnehmerInnen landwirtschaftlicher Produkte) wirtschaftliche Schäden infolge der Klärschlammdeponierung, können sie beim Fondsverwalter<sup>201</sup> einen Antrag auf Entschädigung aus Fondsmitteln stellen.

Darüber hinaus sind in den Bundesländern vereinzelt allgemeine Investitionsfonds anzutreffen, aus denen u. a. auch Maßnahmen der Abwasserbehandlung finanziert werden können. So fördert der Kommunale Investitionsfonds (KIF) des Landes Baden-Württemberg Maßnahmen zur Verringerung organischer Mikroverunreinigungen im Abwasser im Umfang von 20 % des Investitionsvolumens.<sup>202</sup>

## 5.4 Schlussfolgerungen für ein Finanzierungsmodell in Deutschland

Insgesamt lassen sich aus dem Ausland sowie im Hinblick auf Fonds nur sehr eingeschränkt Anregungen für eine Finanzierung der vierten Reinigungsstufe in Deutschland mit Hilfe der Abwasserabgabe gewinnen. Mit Ausnahme der Schweiz sind in anderen Ländern keine spezifischen Finanzierungsüberlegungen in dieser Hinsicht erkennbar, da dort Investitions Herausforderungen im Bereich der konventionellen Abwasserbehandlung die Debatten dominieren und zudem erhebliche Zweifel bestehen, ob sich die mit einem umfassenden Ausbau von Kläranlagen verbundenen Kosten mit dem gegenwärtigen Kenntnisstand zu Mikroverunreinigungen rechtfertigen lassen.

Das Schweizer Finanzierungsmodell wiederum fokussiert die Etablierung eines neuen Instruments, bei dem klar die Finanzierungsfunktion im Vordergrund steht. Die beschlossene schweizerische Abwasserabgabe auf Bundesebene ist in ihrer Ausgestaltung (Bemessungsgrundlage, Zielrichtung und damit Leitlinie für die Festlegung des Abgabesatzes) ausdrücklich auf das Generieren der geplanten Investitionsbeiträge (75 % von insgesamt ca. 1 Mrd. Euro) ausgerichtet. So wurde aus Gründen der finanziellen Sicherheit der Bemessung der Abgabe nach angeschlossenen EinwohnerInnen der Vorzug gegeben vor einer Bemessung nach Parametern, welche den Umfang der eingeleiteten MV-Frachten mit hoher Wahrscheinlichkeit besser abbilden (Abwassermenge, CSB im Zulauf oder direkte Messung anhand von MV-Indikatorstoffen).

Die deutsche Abwasserabgabe ist im Gegensatz dazu ein Lenkungs- und Vollzugsunterstützungsinstrument. Ihre (sekundäre) Finanzierungsfunktion steht konzeptionell klar zugunsten dieser Zwecke zurück. Soll die konzeptionelle Stimmigkeit der Abwasserabgabe

---

<sup>199</sup> Daran, dass überall eine vollständige Kostendeckung im volkswirtschaftlichen Sinne vorliegt, lässt sich hingegen zweifeln, nicht zuletzt was Umwelt- und Ressourcenkosten nach Art. 9 Wasserrahmenrichtlinie betrifft (s. auch *Gawel* 2012).

<sup>200</sup> *Esch* (1999), *Hüter* (2008).

<sup>201</sup> Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (freiwilliger Fonds) bzw. Geschäftsstelle (gesetzlicher Fonds).

<sup>202</sup> Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2012), S. 18.

nicht noch weiter verringert werden – etwa durch die Aufnahme eines Schadparameters zu Mikroverunreinigungen, der dann einen gesonderten Abgabesatz im Hinblick auf ein zu erreichendes Aufkommensziel erhält –, kann ihr Finanzierungsbeitrag folglich nur unter dem Primat der Lenkungs- und ggf. Vollzugshilfefunktion erfolgen. Das bedeutet, dass die Abwasserabgabe lediglich schwankende und – sofern zukünftig keine Anhebung des Abgabesatzes oder andere aufkommensmehrende Reformen erfolgen – tendenziell sinkende Finanzierungsbeiträge für eine vierte Reinigungsstufe leisten kann.

Aus der Schweizer Diskussion um die Verwendung der Einnahmen kann allenfalls die Begrenzung der Investitionszuschüsse auf 75 % der Investitionskosten, d. h. ein Selbstbehalt, als sinnvolle Anregung für eine Finanzierungslösung in der Bundesrepublik gelten. Im Gegensatz zu einer Vollfinanzierung bleiben hierdurch auf Seiten des Kläranlagenbetreibers Anreize zu kostengünstigen Investitionen erhalten.

Die im Abwassersektor existierenden Fondsmodelle bieten ebenfalls einen überschaubaren Mehrwert. Der erste Vorteil einer Fondslösung in Form einer Zweckbindung von Mitteln ist durch die einfachgesetzliche Zweckbindung der Abwasserabgabe, an der auch festgehalten werden sollte,<sup>203</sup> bereits gegeben. Selbst wenn es das Ziel wäre, das Aufkommen der Abgabe künftig ausschließlich Investitionen in die vierte Reinigungsstufe zu widmen, wäre hierfür kein neuartiger Fonds, sondern lediglich eine Änderung des Kriteriums zur Aufkommensverwendung nach § 13 AbwAG erforderlich.

Die Verwendung eines Fonds zur Erhöhung des finanziellen Spielraums der öffentlichen Hand durch das Einsammeln privater Gelder am Kapitalmarkt ist in Deutschland hingegen unüblich. Ob eine Schuldenfinanzierung der vierten Reinigungsstufe von Vorteil ist, ist zudem unklar. Zwar kann die Aufnahme von Schulden für Investitionen eine sinnvolle Lastverschiebungsfunktion erfüllen, indem sie die finanzielle Last derjenigen Generation aufbürdet, die auch von diesen Investitionen profitiert. Auf der anderen Seite sprechen die bereits hohe Staatsverschuldung, zusätzliche Lasten für die zukünftigen Generationen in Form umlagefinanzierter Sozialsysteme und einige wohlfahrtstheoretische Argumente gegen ein solches Modell.<sup>204</sup> Auch bestünde u. U. die Gefahr einer Verschleierung öffentlicher Schulden bis hin zur Unterminierung gesetzlicher Schuldengrenzen.

Der dritte Vorteil einer Durchbrechung des Jährlichkeitsprinzips der Haushaltsfinanzierung und die damit verbundene Erhöhung der Flexibilität in der Verwendung des Abgabeaufkommens können hingegen einen schnellen Ausbau der vierten Reinigungsstufe erleichtern. Dieser Bonus ist indes abzuwägen mit Nachteilen in Form des zusätzlichen Vollzugsaufwands bei der Einrichtung und Betreuung der Fondsstrukturen und ggf. politischen Widerständen gegen den Prinzipienbruch.

Insgesamt sollte die Finanzierung einer vierten Reinigungsstufe über die Abwasserabgabe daher eher einem eigenständigen, im nächsten Abschnitt zu prüfenden Modell folgen, welches sich in das bestehende Konzept der Abwasserabgabe als einer Umweltlenkungsabgabe<sup>205</sup> möglichst bruchlos einfügt.

---

<sup>203</sup> Siehe dazu *Gawel et al.* (2014), S. 382 f.

<sup>204</sup> In der Finanzwissenschaft werden die Vor- und Nachteile der Staatsverschuldung kontrovers diskutiert. Ein Nachteil kann darin gesehen werden, dass Schulden gleichbedeutend sind mit dem Treffen langfristiger Investitionsentscheidungen auf Basis des heutigen begrenzten Wissens, zukünftige Generationen auf Basis zukünftigen Wissens ggf. aber andere Investitionsprioritäten setzen würden (*Obinger et al.* 2003, S. 295; Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2008).

<sup>205</sup> Dazu eingehend *Gawel et al.* (2014).

## 6. Beiträge der Abwasserabgabe

### 6.1 Konzeptionelle Integration der Abwasserabgabe: Ziele, Kriterien und Grundkonzepte

#### 6.1.1 Ziele der Heranziehung der Abwasserabgabe

Die Diskussion eines möglichen Beitrages der Abwasserabgabe zur weitergehenden Elimination von Mikroverunreinigungen<sup>206</sup> muss zunächst ihre **Funktion bzw. Zielstellung** für das konkrete Gewässerschutzanliegen klären. Hierfür kommen grundsätzlich drei verschiedene Unterstützungsziele in Betracht: Die Abwasserabgabe könnte in diesem Zusammenhang

- eigenständige Reinigungsanreize ausbringen (**Lenkungsfunktion**),
- eine ggf. einzuführende wasserrechtliche Anforderung in Bezug auf Mikroverunreinigungen im Vollzug unterstützen (**Vollzugshilfe**)
- oder einen **Finanzierungsbeitrag** leisten, und zwar entweder bei der Auferlegung der **Zahllast** (Schonung beim Kaufkraftentzug) oder bei der anschließenden **Mittelerwendung**.

Die **eigenständige Lenkungsfunktion**, etwa durch gezielte Belastung der Einleitung von Mikroverunreinigungen und entsprechende Anreize zu deren Vermeidung, setzt voraus, dass (einzelne) Problemstoffe in den Parameterkatalog der Abwasserabgabe aufgenommen werden. Wegen der notwendig bundesweit einheitlichen Ausgestaltung des Parameterkataloges würden dadurch zunächst alle Einleiter – jedoch *ungleichmäßig* (je nach Parameterauswahl) – belastet und angereizt. Dies bleibt lenkungspolitisch unbefriedigend, denn das Anreizpotenzial wird lokal nicht ausgeschöpft, wenn pauschal nur einzelne Beispielparameter vorgegeben werden, und könnte als ungerecht empfunden werden.<sup>207</sup> Allerdings käme auch eine Ermessensregelung zugunsten der Länder mit Blick auf die konkret zu veranlagenden Parameter aus einem Bundes-Parameterkatalog rechtlich in Betracht. Denkbar wäre auch eine Regelung, die sicherstellt, dass aus einem normativverankerten MV-Leitparameterkatalog der für die jeweilige Kläranlage relevanteste Parameter zu wählen ist.

Zudem muss davon ausgegangen werden, dass wegen der hohen Kosten der ersten Einheit *kaum hinreichende Anreize* gegeben werden können, allein deswegen in eine vierte Reinigungsstufe einzusteigen (vgl. Abschnitt 3). Ohne ordnungsrechtliche Basissteuerung kann dies ohnehin nur als (aufwendige) Messlösung funktionieren. Noch gravierender sind einstweilen die praktischen Hemmnisse, die bereits einer Aufnahme von Mikroverunreinigungen in den Parameterkatalog der Abwasserabgabe nach § 3 AbwAG entgegenstehen (dazu unten Abschnitt 6.2.1).

Eine **Vollzugshilfe** (durch Honorierung der Einhaltung ordnungsrechtlicher Anforderungen) setzt ein entsprechendes ordnungsrechtliches Basisregime voraus. Dies könnte flächendeckend in der AbwV geschehen, wirft aber noch eine Reihe technischer und rechtlicher Fragen auf

---

<sup>206</sup> Siehe hierzu auch die Kurzdarstellungen bei *Gawel (2015)* und *Gawel/Köck (2015)*.

<sup>207</sup> Solange es keine geeigneten Summenparameter für Mikroverunreinigungen gibt, müssten hier Einzelstoffe als Teil der Bemessungsgrundlage für die Abgabe vorgegeben werden, was angesichts der Fülle relevanter Stoffe letztlich willkürlich erscheint und in der lokalen Eliminationswirkung unnötig hinter den verfügbaren „Breitband“-Minderungsoptionen einer vierten Reinigungsstufe zurückbleibt.

(vgl. Abschnitte 3 und 4) und wird derzeit vom BMUB rechtspolitisch (noch) nicht verfolgt.<sup>208</sup> In NRW findet eine bewirtschaftungsorientierte Steuerung nach den Anforderungen der WRRL statt.<sup>209</sup> Dies könnte als besonders sachgerecht, da bewirtschaftungsspezifisch gelten, aber wohl nur dann mit einer bundesweit einheitlichen „Unterstützung“ durch die Abwasserabgabe sinnvoll zusammengehen, wenn die Einleitungsbescheide entsprechend angepasst würden. Dann nämlich wäre z. B. eine Abgabesatzhalbierung nach § 9 Abs. 5 AbwAG denkbar. Zudem setzt dies ein entsprechendes Verständnis und Engagement der Länder in Bezug auf Mikroverunreinigungen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung voraus, die hier gegenwärtig aber sehr unterschiedlich agieren (vgl. Abschnitt 2).

Das Ziel der **Finanzierung** wäre demgegenüber unabhängig vom Regulierungsszenario: Die Abwasserabgabe kann *unter allen denkbaren rechtspolitischen Szenarien* in ihrer Finanzierungsfunktion unterstützend wirken. Die Finanzierungswirkung kann sowohl individuell *beim Entzug der Mittel* greifen (etwa über Verrechnungen – Abschnitt 6.2.3) als auch bei der anschließenden *Verwendung des Abgabeaufkommens* (Förderprogramme – Abschnitt 6.2.4). In der zuletzt genannten Funktion steht allerdings die Förderung der vierten Reinigungsstufe in Konkurrenz zu den bisherigen, vielfältigen Verwendungszwecken, die aus dem Abgabeaufkommen zu bestreiten sind. Dies könnte eine entsprechende, gezielte *Erhöhung des Aufkommens* sinnvoll erscheinen lassen. Hierfür kommen vorzugsweise Änderungen bei der Abwasserabgabe in Betracht, die gleichzeitig Wesenskern der Abgabe als ökonomischen Hebel zur effizienten Vorsorge im Gewässerschutz für eine breite Palette an Schadparametern nicht antasten.

## 6.1.2 Anforderungskriterien für eine Heranziehung der Abwasserabgabe

Ob und inwieweit sich eine bestimmte künftige Ausgestaltung bzw. Heranziehung der Abwasserabgabe in Bezug auf das Problemfeld „Mikroverunreinigungen“ empfiehlt, muss anhand eines klaren Anforderungskataloges beurteilt werden. Dabei kommt eine Reihe von Kriterien in Betracht, die zur Beurteilung herangezogen werden sollten.

Die Gesamtregelung sollte zunächst **effektiv** sein, d. h. in Bezug auf Mikroverunreinigungen einen spürbaren Beitrag zum Gewässerschutz leisten bzw. diesen nicht in Frage stellen oder gar konterkarieren (Gewässerschutzbelang). Ferner wird man fordern dürfen, dass die gefundene Lösung **kosteneffizient** ist, also nach Möglichkeit minimale volkswirtschaftliche Kosten bei gegebenem Gewässerschutzbeitrag einschließlichsog. Transaktionskosten (= Vollzugsaufwand) verursacht. Ferner muss die Lösung hinsichtlich der **Belastungsverteilung** zwischen den (Verursacher-)Gruppen und auch mit Blick auf die konkrete **Belastungshöhe** (Stichwort Zumutbarkeit) **politisch akzeptabel** sein. Zudem sollten **keine Kollateralschäden für das Wirkungsgefüge der Abwasserabgabe** eintreten. Anders formuliert: Die Abwasserabgabe sollte auch künftig in der Lage sein, die ihr ansonsten zugedachten Zwecke zu erfüllen. Dazu gehören sowohl Lenkungs- als auch Finanzierungszwecke in Bezug auf andere Problemfelder des Gewässerschutzes als Mikroverunreinigungen. Zudem ist die **Robustheit** eines Wirkungsbeitrages zur Lösung der Problematik von Mikroverunreinigungen von Bedeutung: Hängt die Ausgestaltung in ihrer Wirksamkeit vom regulatorischen Umfeld ab, z. B. der Existenz ordnungsrechtlicher Anforderungen? Und wie stark ist diese Abhängigkeit? Oder kann die Unterstützungsfunktion der Abwasserabgabe unabhängig vom instrumentellen Gesamt-

---

<sup>208</sup> Siehe *Wendenburg* (2014).

<sup>209</sup> Siehe *Mertsch* (2014).

Szenario erzielt werden? Schließlich sollte sich die Lösung als vereinbar mit den unionsrechtlichen Anforderungen aus Art. 9 WRRL erweisen.

Es ergibt sich damit insgesamt der folgende **Kriterienkatalog** für die Beurteilung von Ausgestaltungsvarianten der Abwasserabgabe als Instrument der Minderung von MV-Einträgen in die Gewässer:

- Effektivität (Wirksamkeit der Unterstützung),
- Effizienz (Minimalkosten; Aufwands-Ertrags-Verhältnis),
- Vollzugaufwand,
- „Kollateralschäden“ im Lenkungs- und Finanzierungsgefüge der übrigen Abgabe,
- Robustheit (Abhängigkeit von Ko-Faktoren),
- Belastungshöhe (Vertretbarkeit),
- Belastungsverteilung (Gerechtigkeit),
- Vereinbarkeit mit Art. 9 WRRL.

### 6.1.3 Konzeptionelle Grundüberlegungen

#### 6.1.3.1 Kosten-Nutzen-Effizienz der vierten Reinigungsstufe

Dass in einer übergreifenden Betrachtung die gesellschaftlichen **Nutzen einer vierten Reinigungsstufe** für ausgewählte Kläranlagen deren Gesamtkosten volkswirtschaftlich übersteigen, muss – mangels genauer Bezifferbarkeit vor allem der Nutzen – politisch argumentiert und vertreten werden (vgl. Abschnitt 2); dies wird im Rahmen dieser Studie vorausgesetzt. Bei einer entsprechenden Begrenzung der Maßnahmen auf große zentrale Abwasserbehandlungs-Anlagen der GK 5 zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit sprechen jedenfalls weder das Verursacherprinzip noch die Existenz anderer Eintragspfade (z. B. diffuse Quellen) oder die absolute Kostenhöhe a priori gegen diese grundlegende Annahme (dazu oben Abschnitt 2). Bei der Diskussion um die „Kosten“ der vierten Reinigungsstufe muss beachtet werden, dass zu den volkswirtschaftlichen Kosten auch die Umwelt- und Ressourcenkosten gehören, die dadurch anfallen, dass in Gewässer ungehindert Mikroschadstoffe eingetragen werden.

#### 6.1.3.2 Szenario ohne Ordnungsrecht – das Dilemma der Vollfinanzierung: Ineffizienz oder Zielverfehlung

Aus Effizienz- und Belastungsverteilungsgründen kommt stets nur eine **Regelung mit Selbstbehalt** in Betracht (wie in der Schweiz), d. h. der Betreiber wird nicht von allen Kosten freigestellt, sondern spürt noch eine relevante Last, die ihn selbst noch zu kostenminimaler Zielerreichung anhält. Dies setzt zugleich **Technikoffenheit** in Bezug auf die Verfahren der MV-Elimination voraus (dazu oben Abschnitt 3), da auf diese Weise dezentrale Kostenminimierungspotenziale genutzt werden können.

Die Notwendigkeit eines Selbstbehaltes ergibt sich aber nicht nur aus den **betriebswirtschaftlichen Kosteneffizienzanforderungen** für Eliminationsmaßnahmen, sie lässt sich auch aus den **konkurrierenden (Finanzierungs-)Zwecken** der Abwasserabgabe herleiten: Denn je mehr (begrenzte) Mittel der Abwasserabgabe dem Zweck der MV-Elimination zugeführt werden müssen, desto weniger stehen für andere wichtige Zwecke des Gewässerschutzes, etwa den Maßnahmenprogrammen nach der WRRL, zur Verfügung. Auch hier gebietet das Effizienzprinzip eine Beschränkung des Entlastungsvolumens.

Ein drittes Argument ergibt sich aus **Art. 9 WRRL**, wo für Abwasserentsorgungsdienste der Grundsatz der Kostendeckung statuiert wird: Jede Ermäßigung der Refinanzierungslast über Gebühren stellt eine Verschonungssubvention dar, die zwar unionsrechtlich nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL als Ausnahme von der Regel gerechtfertigt werden könnte, aber dieser Rechtfertigung auch zunächst einmal bedarf.

Aus diesem Grunde und wegen der hohen Kosten einer vierten Reinigungsstufe kann die **Abwasserabgabe als Finanzierungsinstrument letztlich immer nur flankierend** wirken. Allenfalls eine 100 %-Förderung<sup>210</sup> könnte ja Betreiber zu einer freiwilligen Implementation der vierten Reinigungsstufe veranlassen. Eine flächendeckende Implementation der vierten Reinigungsstufe (für den in Aussicht genommenen Kreis an Kläranlagen, z. B. der Größenklasse 5) wird man insgesamt nur erwarten können, wenn sie entweder ordnungsrechtlich verpflichtend ist oder aber deren Finanzierung vollständig von dritter Seite übernommen wird. Da Letzteres aber als Regelmaßnahme nicht kosteneffizient wäre (Ausnahme: Pilotprojekte), wird die Abwasserabgabe in jedem Falle nur eine flankierende Rolle spielen können: Entweder ergänzt sie eine ordnungsrechtliche Verpflichtung oder sie vergütet – auch ohne eine ordnungsrechtliche Basisregulierung – regelmäßig nur einen Teil der entstehenden Kosten. Der nicht vergütete Rest ist planmäßig vom Gebührenzahler zu übernehmen. Dass die Abwasserabgabe bereits über ihre Lenkungsanreize zu einer hinreichenden MV-Elimination anregen könnte, erscheint ohnehin ausgeschlossen (dazu auch 6.2.1).

Will man die Abwasserabgabe hingegen *ohne eine ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung* für Zwecke der MV-Elimination einsetzen, so ergeben sich folgende Fallgestaltungen:

- Der volle angestrebte Implementationserfolg setzt im Wesentlichen eine Vollfinanzierung voraus – entweder über eine ineffiziente 100 %-Förderung durch die Abwasserabgabe oder aber im Wege ergänzender Zuschussungen aus anderen Quellen, z. B. Landesmitteln.
- Kommt es hingegen auch nicht zu einer (ineffizienten) Vollfinanzierung, so dürfte der volle angestrebte Implementationserfolg nicht erreicht werden, da die Maßnahmen insoweit auf Pilotvorhaben bzw. jene Träger begrenzt bleiben, die bereit sind, diese Maßnahmen freiwillig durchzuführen und gleichzeitig über kostendeckende Gebühren zu refinanzieren.

Insgesamt ergibt sich ein Trade-off aus drei Elementen: ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung, Ineffizienz durch Vollfinanzierung oder Zielverfehlung. Wird die Implementation durch das Wasserordnungsrecht *nicht* verbindlich gemacht, bleibt nur die Wahl zwischen der Hinnahme von Zielverfehlungen bei der in der Summe zu erwartenden MV-Eliminationsleistung oder einer in vielfältiger Hinsicht ineffizienten Vollfinanzierung.

### 6.1.3.3 Die Organisation der Netto-Lastverteilung

Geht man nun davon aus, dass in einem bestimmten Umfang Maßnahmen zur MV-Elimination ergriffen werden (verpflichtend, ökonomisch angereizt oder freiwillig), so lässt sich die anfallende Netto-Kostenlast grundsätzlich auf unterschiedliche Weise verteilen.

---

<sup>210</sup> Berücksichtigt man noch einen gewissen Diskont nach Maßgabe der automatischen Selbstfinanzierungswirkung der vierten Reinigungsstufe über die Zahllast der Abwasserabgabe (dazu Abschnitt 6.2), so wäre die nötige Zuschussrate mit  $(100-x)$  % anzusetzen.

Zunächst ist zu berücksichtigen, dass in einem näher zu untersuchenden Umfang eine **Selbstfinanzierung** dadurch eintritt, dass Maßnahmen der vierten Reinigungsstufe auch andere Parameter der Abwasserabgabe mindern und dadurch die Zahllast herabsetzen (dazu Abschnitt 6.3).<sup>211</sup> **Dieser Selbstfinanzierungseffekt durch die Abwasserabgabe ist zusätzlich zum zuvor beschriebenen Selbstbehalt aus Effizienzgründen von der Bezuschussung auszunehmen.** Denn insoweit tritt ja gar keine Netto-Belastung ein.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass alle durchgeführten Maßnahmen einer MV-Elimination grundsätzlich **in vollem Umfang gebührenfähig** sind. Die dafür anfallenden Aufwendungen sind uneingeschränkt ansatzfähige Kosten im Sinne des Kommunalabgabenrechts (z. B. nach § 6 Abs. 2 Satz 1 KAG NRW) und damit von den Nutzern der jeweiligen Abwasserbehandlungsanlage zu tragen. Die Einrichtungsträger wären also nicht gehindert, die entsprechenden Kosten auf die Nutzer der Abwasserbeseitigungseinrichtungen umzulegen. Dies entspräche im Übrigen auch dem Kostendeckungsgrundsatz für Wasserdienstleistungen aus Art. 9 Abs. 1 WRRL.<sup>212</sup> Der Hinweis auf „hohe Kosten“ einer vierten Reinigungsstufe ist deshalb – soweit nicht die volkswirtschaftliche Effizienz der vierten Reinigungsstufe insgesamt in Frage gestellt wird (dazu oben 6.1.2.1) – im Wesentlichen ein Hinweis auf die *politischen Kosten einer Gebührenerhöhung*. Die Finanzierung der vierten Reinigungsstufe, soweit angeordnet oder freiwillig durchgeführt, kann daher ohne weiteres durch Regel-Refinanzierung über Entgelte erfolgen. Eine **Lastminderung durch Bezuschussung verstößt insoweit sogar gegen den Grundsatz der Kostendeckung aus Art. 9 Abs. 1 UAbs. 1 und 2 WRRL.**<sup>213</sup>

Allerdings könnte die (sehr ungleiche) Verteilungswirkung einer volkswirtschaftlich effizienten Teillösung (wenige Kläranlagen reinigen unter hohem Aufwand, aber relativ am günstigsten stellvertretend für viele) Veranlassung zu einer **Ausnahme nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL** geben. Danach können die Mitgliedstaaten „dabei“, also bei der Erfüllung ihrer Pflichten aus UAbs. 1 und 2, insbesondere „den sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Kostendeckung“ „Rechnung tragen“. Vorliegend kommt eine Abweichung vom Kostendeckungsgrundsatz aufgrund der „wirtschaftlichen“ und „sozialen Auswirkungen“ in Betracht, die eine volle Kostendeckung über Entgelte mit sich bringen würde.

Aus volkswirtschaftlichen Effizienz-Gründen erfolgt die MV-Elimination vorrangig im Abwassersektor und hier wiederum nur bei ausgewählten Großkläranlagen. Das bedeutet, dass aus allokativen Gründen die Lasten für ein allgemeines Problem selektiv zugewiesen werden (Ansatz der *cheapest-cost avoider*). Die davon Betroffenen erbringen mithin ein „Effizienzopfer“ für die Allgemeinheit, indem sie zur Minderung der MV-Belastung insgesamt beitragen, aber die Minderungskosten zunächst einmal allein übernehmen müssen. Zur Finanzierung dieses öffentlichen Gutes „Minderung der MV-Belastung der Gewässer“ könnten daher in angemessener Form auch diejenigen herangezogen werden, die zwar ebenfalls Verursachungsbeiträge zum Gewässergüteproblem leisten, aber aus volkswirtschaftlichen Effizienzgründen dennoch maßnahmefrei bleiben.

---

<sup>211</sup> Ggf. kämen auch Zahllastminderungen durch Verrechnungen bzw. eine Erweiterung des Parameterkataloges um Mikroverunreinigungen in Betracht (dazu unten 6.2).

<sup>212</sup> Siehe dazu *Kolcu* (2008); *Desens* (2008).

<sup>213</sup> Siehe *Gawel* (2012b). Zur internationalen Debatte um kostendeckende Tarife jenseits der EU siehe jüngst im Überblick *Hoque/Wichelns* (2013).

Dies würde es rechtfertigen, nicht die volle Kostenlast durch die Benutzer derjenigen Kläranlagen refinanzieren zu lassen, die Maßnahmen ergreifen, sondern einen Teil der Mehrbelastung gebührenmindernd auf andere Nutznießer zu verlagern (Nutznießerprinzip). Dazu könnte gerade die Abwasserabgabe mit ihrem Mittelaufkommen beitragen, das von allen Direkteinleitern aufgebracht wird und damit auch jene Benutzer zur Finanzierung heranziehen würde, deren Abwasserbeseitigungsanlage, an deren Netz sie angeschlossen sind, keine spezifischen Maßnahmen der MV-Elimination vornimmt. Es ergäbe sich eine **partielle Solidarfinanzierung** der abwassereinleitenden Verursacher für die aus Effizienzgründen ausgewählten Groß-Anlagen. Dieses partielle Solidarprinzip wird im Übrigen auch in der Schweiz angewendet (vgl. Abschnitt 5.2): Auch dort erfolgt eine volkswirtschaftlich effiziente Reinigung nur durch „wenige“, eine Lastverteilung aber auf „viele“.

Diese Überlegungen würden es zugleich legitimieren können, dass ggf. die Belastung aus der Abwasserabgabe insgesamt für alle Einleiter anzuheben ist, um den beschriebenen **Ausgleich des „Effizienzopfers“** der Wenigen für Viele zu finanzieren, ohne zugleich die übrigen Finanzierungszwecke der Abwasserabgabe über Gebühr zu beeinträchtigen.

Ein angemessener Selbstbehalt für die jeweiligen Maßnahmenträger wäre aber in jedem Falle aus Gebühren vertretbar zu refinanzieren. Es bleibt daher bei der Empfehlung, keine Vollfinanzierung zugunsten der lokalen Gebührenzahler vorzusehen. Diese wäre auch aus der Solidarüberlegung des Nutznießerprinzips heraus nicht geboten.

#### 6.1.4 Optionen und ihre konzeptionelle Bewertung

Vor dem Hintergrund der zuvor ausgebreiteten konzeptionellen Überlegungen lassen sich die verschiedenen denkbaren Beiträge der Abwasserabgabe zur weitergehenden MV-Elimination wie folgt beschreiben und bewerten.

Für eine Inanspruchnahme der Abwasserabgabe als Instrument zur Förderung der vierten Reinigungsstufe kommen grundsätzlich folgende Elemente der Abgabe in Frage:

- Erweiterung des Parameterkataloges nach § 3 AbwAG um Mikroverunreinigungen; dadurch würden diese unmittelbar zum Gegenstand des Lenkungsanspruchs der Abwasserabgabe;
- Anreize durch Halbierung des Abgabesatzes nach § 9 Abs. 5 AbwAG bei Einhaltung entsprechender, auf Mikroverunreinigungen bezogener ordnungsrechtlicher Anforderungen;
- Anreize durch Verrechnungen von Investitionsausgaben mit der Zahllast gemäß § 10 Abs. 3 AbwAG;
- Refinanzierung von Maßnahmen der vierten Reinigungsstufe durch entsprechende Verwendung des Abgabeaufkommens.

**Eine summarische Einschätzung** dieser instrumentellen Optionen der Abwasserabgabe anhand der zuvor in Abschnitt 6.1.2 entwickelten Anforderungskriterien enthält Tabelle 14. Die ausführliche Diskussion der Leistungsfähigkeit der einzelnen Optionen ist dem nachfolgenden Abschnitt 6.2 zu entnehmen.

## 6.2 Die Elemente der Abwasserabgabe als Flankierungsinstrumente

### 6.2.1 Einbezug eines Abgabe-Parameters für Mikroverunreinigungen

Wie bereits in der Studie *Gawel et al. (2014)* ausgeführt, lässt sich feststellen, dass „die Aufnahme eines Schadparameters für Mikroverunreinigungen in das Abwasserabgabengesetz“ derzeit noch nicht umsetzbar ist. Dies begründet sich zum einen aus der noch nicht abgeschlossenen Diskussion über „als Leitparameter geeignete Stoffe“, zum anderen aus der noch nicht abgeschlossenen „internationalen Normenentwicklung von Analyseverfahren“.<sup>214</sup> Dementsprechend kann an dieser Stelle kein abschließender Vorschlag für einen Leitparameter oder ein Leitparameterset zur Beurteilung der Reinigungsleistung einer vierten Reinigungsstufe bzw. der Schädlichkeit des eingeleiteten behandelten Abwassers unterbreitet werden.

Selbst wenn das Design eines ergänzenden Schadparameters im Sinne von § 3 Abs. 1 AbwAG gelingen würde, wären wegen der notwendig bundesweit einheitlichen Ausgestaltung des Parameterkataloges zwar alle Einleiter, jedoch *ungleichmäßig* (je nach Parameterauswahl) belastet und angereizt. Denn es könnten – mangels eines etablierten und aussagekräftigen Summenparameters für Mikroverunreinigungen – ja nur ganz bestimmte Einzelstoffe in den Parameterkatalog aufgenommen werden. Dies bleibt lenkungspolitisch unbefriedigend, denn das Anreizpotenzial in Bezug auf Minderungsleistungen wird so lokal u. U. gar nicht ausgeschöpft, wenn pauschale Beispielparаметer vorgegeben werden, die gar nicht der lokalen Belastungssituation entsprechen. Die Auswahl von bestimmten Einzelparametern aus einer großen Fülle an relevanten Stoffen könnte zudem als willkürlich und damit als ungerecht empfunden werden. Allerdings käme eine diesbezügliche Ermessensregelung zugunsten der Länder mit Blick auf die jeweils konkret zu veranlagenden Parameter aus einem breiter angelegten Bundes-Parameterkatalog für Mikroschadstoffe käme rechtlich durchaus in Betracht (Abschnitt 6.1.1).

Zudem muss davon ausgegangen werden, dass wegen der hohen Kosten der ersten Einheit *kaum hinreichende Anreize* gegeben werden können, allein deswegen in eine vierte Reinigungsstufe einzusteigen (vgl. Abschnitt 3). Ohne ordnungsrechtliche Basissteuerung kann dies ohnehin nur als (aufwendige) Messlösung funktionieren. Hinzu kommt in jedem Falle ein erheblicher zusätzlicher Vollzugsaufwand bei der Erweiterung des Parameterkataloges.

Wegen mangelnder Praktikabilität und unzureichender Effektivität bei hohem Vollzugsaufwand scheidet daher ein eigenständiger Lenkungsbeitrag der Abwasserabgabe in Bezug auf Mikroverunreinigungen über eine entsprechend erweiterte Bemessungsgrundlage wohl bis auf weiteres aus.

---

<sup>214</sup> *Gawel et al. (2014)*, S. 240 ff.

Tabelle 14: Ausgestaltungsoptionen der Abwasserabgabe als Instrument der MV-Elimination und summarische Beurteilung

Elemente der Abwasserabgabe	Effektivität	Effizienz	Vollzugsaufwand	Kollateralschäden	Vereinbarkeit mit Art. 9 WRRL	Robustheit	Belastungshöhe	Belastungsverteilung	Bemerkungen
Mikroverunreinigungen als Abgabeparameter	--	0	-	++	-	0	-	-	derzeit kaum sinnvoll definierbar; nicht ausreichende Vermeidungsanreize; hoher Vollzugsaufwand
Halber Abgabesatz	0	-	0	- / --	-	-	-	-	nicht ausreichende Vermeidungsanreize; Kollateralschäden bei der Lenkungsfunktion
Verrechnungen	0	-	-	--	-	+	-	-	hohe Kollateralschäden, da die Zahllast verschwindet; als Teillösung zu aufwendig; Ineffizienzgefahr; zur Bezuschussung nicht ausreichend
Aufkommensverwendung für Förderprogramm	+	+(aber: Gebührensubventionierung)	0	++	+	+(aber ohne Ordnungsrecht kein Anreiz bei effizienz-sicherndem Selbstbehalt)	+	+	neutral in Bezug auf die Lenkungsfunktion; entspricht dem „Aufstockungsprinzip“; gibt Veranlassung zur aufkommensmehrenden Lenkungsertüchtigung; Gebührensubventionierung nach Art. 9 zu rechtfertigen

Legende: + Kriterium wird erfüllt  
 - Kriterium wird verletzt  
 0 neutral in Bezug auf das Kriterium

Eigene Darstellung

### 6.2.2 Abgabesatzermäßigung

In Betracht käme als weiterer Beitrag der Abwasserabgabe die Gewährung einer Abgabesatzermäßigung analog zu § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG. Diese könnte entweder als Vollzugshilfe eines auf Mikroverunreinigungen bezogenen Basis-Ordnungsrechts fungieren oder aber als eigenständige Prämie durch den Abgabenebel wirken. In jedem Falle wären damit erhebliche Entlastungen bei der Zahllast verbunden. Bei der Konstruktion dieser Ermäßigung müsste geklärt werden, wann genau und wofür eine Ermäßigung eintritt und wie sich diese gegenüber den Regel-Ermäßigungen nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG verhält.

Diese konzeptionellen Klärungen können aber hier dahinstehen, denn eine solche Lösung begegnet erheblichen Bedenken und praktischen Problemen. Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass gegenwärtig nach einer aktuellen VKU-Umfrage bereits 99 % der befragten Kommunen die Halbierung des Abgabesatzes nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG in Anspruch nehmen.<sup>215</sup> Die Halbierung hat sich damit zur Regelbelastung entwickelt. Damit ließe sich eine weitere Prämierung kaum noch kombinieren, wenn die Abwasserabgabe noch Anreize entfalten oder Aufkommen erbringen soll.

Denkbar wäre allerdings, dass die Abgabesatzhalbierung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG aus Gründen der Lenkungseffizienz vollständig entfällt, wie im Reform-Szenario der „Lenkungsertüchtigung“ bei *Gawel et al.* (2014), S. 391 ff., vorgeschlagen. Dann wiederum wäre Raum für eine gezielte Neueinrichtung dieses Prämierungshebels für die Einhaltung der Anforderungen für Mikroverunreinigungen. Allerdings könnte eine solche Konstruktion lenkungspolitisch nicht überzeugen und würde die Effizienzanreize der Abgabe konterkarieren: Eine auf Schadeinheiten anderer Parameter bezogene Zahllast der Abwasserabgabe würde z. B. halbiert, wenn für Mikroverunreinigungen ausreichende Anstrengungen unternommen werden. Dies ist offensichtlich lenkungsseitig sachfremd und als reiner Zuschuss zu werten. Ein solcher kann aber auch ausgereicht werden, ohne die Lenkungswirkung der Abgabe auf diese Weise zu beschädigen. Ganz nebenbei wird dadurch auch der Grundsatz der Kostendeckung (einschließlich Umwelt- und Ressourcenkosten) für die verbleibende Schädlichkeit des Abwassers verletzt.

Zudem ist mehr als zweifelhaft, dass durch das (so eher zufällige) Entlastungsvolumen wirksame Anreize für die Durchführung der Maßnahmen zur MV-Elimination gesetzt werden können, denn die dazu erforderlichen Kosten stehen ja in keinem sachlichen Zusammenhang zur (halben) Zahllast einer Abwasserabgabe auf andere Schadparameter.

Eine Abgabesatzermäßigung scheidet daher aus konzeptionellen und praktischen Gründen als Unterstützungshebel auf Seiten der Abwasserabgabe aus.

### 6.2.3 Verrechnungslösung

Eine Unterstützungswirkung der Abwasserabgabe bei der Implementation der vierten Reinigungsstufe könnte auch durch die Nutzung oder ggf. zusätzliche Eröffnung von Verrechnungsmöglichkeiten nach § 10 Abs. 3 AbwAG eintreten. Dabei würden Investitionsaufwendungen mit der individuellen Zahllast aus der Abgabe verrechnet.

---

<sup>215</sup> Nach einer VKU-Mitgliederbefragung von 2013 (siehe VKU 2014; *Ammermüller* 2014) halten 99 % der befragten Unternehmen die Ablaufwerte nach Anhang 1 der AbwV ein. Das ursprüngliche Anreizinstrument „Abgabesatzhalbierung“ zur Vollzugsbeschleunigung ist damit heute zum weitgehend funktionslosen, flächendeckenden Abgabennachlass denaturiert.

Dagegen bestehen erneut erhebliche konzeptionelle und praktische Bedenken. Zunächst sind Verrechnungen, die Maßnahmenkosten gegen die verbleibende Zahllast (als Abgeltung der Restverschmutzung) aufrechnen, lenkungsökonomische Fremdkörper im Rahmen einer Lenkungsabgabe und verstoßen überdies sachgrundlos gegen den Kostendeckungsgrundsatz aus Art. 9 WRRL. Sie dürften hier auch kaum über die Ausnahmen nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL zu rechtfertigen sein, denn es sind ja nicht die unverhältnismäßigen „Auswirkungen“ der Kostendeckung für die Schädlichkeit des Abwassers, die hier durch Einschränkungen der Kostendeckung gedämpft werden sollen, sondern es werden schlicht Mittel zur Bezuschussung eines gänzlich anderen Zweckes gesucht. Dass dadurch „ökologische“ Verbesserungen der Gewässergüte eintreten, weil der Eintrag von Mikroschadstoffen verringert wird, stellt aber ebenfalls keine in UAbs. 3 vorgesehene „ökologische Auswirkung der Kostendeckung“ für Abwasserbehandlungsdienste dar, die eine Ausnahme rechtfertigen könnte.

Die konzeptionell „richtigen“ Anreize für Einleiter werden nur dann gesetzt, wenn sowohl die Maßnahmenkosten für Minderungsleistungen getragen als auch die Abgabe für verbleibende Restbelastungen entrichtet werden müssen. Dann werden die vollen Kosten der Nutzung eines Gewässers als Senke verursachergerecht zugeordnet. Insoweit würde die Nutzung oder gar Erweiterung der Verrechnungsoptionen nach § 10 Abs. 3 AbwAG den klaren Empfehlungen zur Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe und auch Art. 9 WRRL zuwiderlaufen.<sup>216</sup>

Hinzu kommt aber ganz praktisch gesehen, dass im Kommunalbereich durch Nutzung aller Verrechnungsmöglichkeiten *de lege lata*, einschließlich des § 10 Abs. 4 AbwAG, die Zahllast ohnehin in vielen Fällen schon bei null liegt.<sup>217</sup> Die Anreizmasse der Abwasserabgabe ist hier also schon weithin (konzeptwidrig) „versetzt“ und kann insoweit gar nicht weiter genutzt werden.

Selbst wenn man – etwa durch Beschränkungen in Bezug auf die Verrechnungsmöglichkeiten nach § 10 Abs. 4 AbwAG – neue Zahllasten schüfe, die sich dann erneut für Zwecke der MV-Elimination verrechnen ließen, fragt sich praktisch, inwieweit diese Begünstigung überhaupt ausreichen kann, die notwendigen Anreize zu platzieren: Denn die (aus Sicht der MV-Elimination) eher zufälligen Zahllasten aus einer Abgabe auf die Schädlichkeit gänzlich anderer Parameter bieten auch bei einer Vollverrechnung keine Gewähr dafür, dass eine hinreichende Bezuschussungswirkung überhaupt eintritt. Das Volumen ist im Zweifel zu gering.

Zweifelhafte Erfolgsaussichten bei andererseits massiven konzeptionellen Problemen (Nullaufkommen, Vernichtung der Lenkungsfunktion, sachgrundloser Verstoß gegen Art. 9 WRRL) führen zu dem Ergebnis, dass Verrechnungen als sinnvoller Hebel zur Unterstützung der MV-Elimination ausscheiden.

#### 6.2.4 Aufkommensverwendung

Als einzig sinnvolle, weil in jeder Hinsicht konzeptionell tragfähige und zugleich praktikable Option verbleibt damit die Verwendung des Aufkommens aus der Abwasserabgabe für Unterstützungszwecke der Implementation einer vierten Reinigungsstufe.

---

<sup>216</sup> Siehe dazu *Gawel et al.* (2014), S. 302 ff. und 391 ff.

<sup>217</sup> Nach der VKU-Mitgliederbefragung von 2013 (siehe VKU 2014; *Ammermüller* 2014) wurden im Zeitraum von 2008–2012 von durchgängig über 50 % der befragten Unternehmen (zeitweise über 60 %) Verrechnungen in Anspruch genommen. Dabei gelang es im gesamten Fünf-Jahres-Zeitraum immerhin 30 bis zeitweise über 40 % aller befragten Unternehmen, ihre Zahllast um über 75 % bis auf 100 % zu reduzieren.

Ein solcher Finanzierungsbeitrag wäre zunächst auch unabhängig vom rechtspolitischen Regulierungsszenario: Die Abwasserabgabe kann in ihrer Finanzierungsfunktion grundsätzlich unabhängig davon unterstützend wirken, ob es eine parallele ordnungsrechtliche Verpflichtung zu einer vierten Reinigungsstufe gibt. Allerdings setzt die Vermeidung einer ineffizienten und fiskalisch überfordernden Vollfinanzierung über die Abgabemittel letztlich doch eine ordnungsrechtliche Basisverpflichtung voraus.

Die Mittelverwendung (Verwendungszweck) beeinträchtigt auch in keiner Weise die Lenkungswirkungen der Abgabe (Wirkungszweck) und gerät daher auch nicht in Konflikt mit dem Kostendeckungsgrundsatz aus Art. 9 WRRL. Zudem können über das gesamte Aufkommen genau jene Mittel für einzelne Maßnahmenträger mobilisiert werden, die für eine gewünschte Bezuschussung erforderlich sind; eine wenig sachgerechte Beschränkung des Bezuschussungsvolumens auf die Zufälligkeiten der jeweils individuell vorfindlichen Zahllasten wie etwa bei Verrechnungen oder Abgabesatzermäßigungen, findet nicht statt. Diese Option ist damit robust, effektiv und zugleich lenkungskonform (effizienzschonend).

Ferner ist sie ohne Änderung des heutigen § 13 AbwAG realisierbar, da die Mittel bei der Bezuschussung der MV-Elimination „für Maßnahmen, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen“ (§ 13 Abs. 1 AbwAG), eingesetzt würden. Die Regelungen zur Abwasserabgabe sind im Übrigen „stoff- oder anlagenbezogene Regelungen“ im Sinne von Art. 72 Abs. 3 Nr. 5 GG.<sup>218</sup> Zweckbindungsregelungen zur Aufkommensverwendung der Abwasserabgabe sind ein Annex der Sachregelung und gehören deshalb ebenfalls zu den stoff- oder anlagebezogenen Regelungen.<sup>219</sup> Sie sind daher als abweichungsfest anzusehen.

Diese Überlegungen entsprechen sogar den frühen Vorstellungen des SRU zur sog. „Aufstockungswirkung“ der Mittelverwendung.<sup>220</sup> Danach kann der ökonomische Lenkungseffekt der Abwasserabgabe durch Abschöpfung (Wirkungszweck) noch dadurch gesteigert werden, dass das Aufkommen der Abgabe (Verwendungszweck) anschließend nochmals zur gezielten Bezuschussung effizienter Behandlungsmaßnahmen eingesetzt und dadurch eine noch weitergehende Reinigung erreicht wird. Dem könnte im vorliegenden Falle entsprochen werden, indem in volkswirtschaftlich effizienter Weise Groß-Kläranlagen zur weitergehenden Reinigung in Bezug auf Mikroschadstoffe ausgewählt und durch Mittelzuwendung zu weitergehenden Maßnahmen des Gewässerschutzes veranlasst werden.

Die auf diese Weise (gezielte Bezuschussung aus Aufkommensmitteln) eintretende teilweise Gebührensубventionierung kann im Übrigen auch nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL gerechtfertigt werden, denn insoweit tritt eine Abmilderung der „wirtschaftlichen“ und „sozialen“ Auswirkungen einer Vollkostendeckung allein bei den Maßnahmen-Kläranlagen ein. Teile der Last werden so – durchaus vereinbar mit dem ökonomischen Verursacherprinzip – auf Verursacher verschoben, die zwar zur Belastung durch Mikroverunreinigungen ebenfalls beitragen, aber in Abwasserbehandlungsanlagen einleiten, die keine diesbezügliche Reinigungsleistung erbringen.

Allerdings ist die Unterstützung der MV-Elimination über die Aufkommensverwendung auch nicht frei von Nachteilen:

---

<sup>218</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 98 ff. m. w. Nachw.

<sup>219</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 100 f.

<sup>220</sup> Siehe dazu SRU (1974), S. 19 f.

- Es stellt sich die Frage, inwieweit das von der Abwasserabgabe bereitgestellte Mittelaufkommen volumenmäßig überhaupt ausreichen kann, um den absehbaren Zuschussbedarf zu befriedigen (vgl. Abschnitt 6.4);
- dies gilt insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass diese Mittel auch bisher nach § 13 AbwAG zweckgebunden Gewässerschutzmaßnahmen zugeführt wurden. Der neue Zweck der Förderung der vierten Reinigungsstufe träte damit in Konkurrenz zu den bisherigen, vielfältigen Verwendungszwecken, für die wiederum andere Finanzierungsquellen mobilisiert werden müssten.
- Es könnten sich verzerrende Effekte zwischen den Ländern einstellen, je nachdem, wie hoch die Dichte an Groß-Kläranlagen ist: Müssen zahlreiche Kläranlagen der GK 5, die einen hohen Anteil an allen Abwasserbehandlungsanlagen des Landes ausmachen, mit einer vierten Reinigungsstufe nachgerüstet werden, so werden die Abgabemittel stark angespannt. Entsprechend wenige Restmittel verbleiben für die bislang aus dem Aufkommen finanzierten Zwecke. Dies könnte zu erheblichen Unwuchten zwischen den Ländern beitragen. Allerdings sind diese Unwuchten bereits durch die Auswahlregel für *cheapest-cost avoider*, d. h. Groß-Kläranlagen, bedingt und bestehen insoweit völlig unabhängig von der konkret gewählten Finanzierungslösung.
- Soweit keine ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung besteht, müsste die Bezuschussung 100 % betragen, was ineffizient wäre; eine effizienzsichernde Selbstbehaltsregelung lässt aber offen, inwieweit eine flächendeckende Implementation der vierten Reinigungsstufe gelingen kann.

Die drei erstgenannten Überlegungen könnten eine entsprechende, gezielte **Erhöhung des Aufkommens** aus der Abwasserabgabe sinnvoll erscheinen lassen. Hierfür kommen vorzugsweise Änderungen des AbwAG in Betracht, die gleichzeitig den Wesenskern einer Abgabe als ökonomischen Hebel zur effizienten Vorsorge im Gewässerschutz für eine breite Palette an Schadparametern nicht antasten bzw. sogar stärken. Insoweit kann hier auf die Empfehlungen in der Studie von *Gawel et al.* (2014) zur „Lenkungsertüchtigung“ der Abwasserabgabe zurückgegriffen werden.

Eine Teil-Finanzierung von Maßnahmen zur Implementierung der vierten Reinigungsstufe aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe bei gleichzeitiger Erhöhung dieses Aufkommens aufgrund einer lenkungsorientierten Ertüchtigung der Abgabenkonstruktion würde beiden Zielstellungen (Lenkung und Finanzierung) gleichermaßen gerecht. Zugleich würde eine unangemessene Verdrängung („Kannibalisierung“) von Finanzierungszwecken, die aus dem Aufkommen der Abgabe zu bestreiten sind, eingedämmt.

Die von dieser Lösung ausgehende nominelle **Mehrbelastung** der Abgabepflichtigen (und der Gebührenzahler) dürfte **insgesamt auch vertretbar** sein (zu konkreten Schätzungen siehe Abschnitt 6.4). Zunächst hat die Realisierung der vierten Reinigungsstufe unabwendbar volkswirtschaftliche Lasten zur Folge, die aber annahmegemäß von den gesellschaftlichen Nutzen mehr als aufgewogen werden (vgl. Abschnitt 2). Diese Lasten müssen in irgendeiner Form in jedem Falle verteilt werden. Eine gezielte Heranziehung des Abwassersektors ist dabei unter Verursachergesichtspunkten auch nicht unangemessen (vgl. Abschnitt 2). Innerhalb des Abwassersektors findet nunmehr zur Finanzierung der vierten Reinigungsstufe eine Lastenteilung statt. Diese wird organisiert über die 75 %-Zuschussregel, den Selbstbehalt der Maßnahmenträger, den Selbstfinanzierungseffekt der Abwasserabgabe und die strukturelle Anhebung der Abwasserabgaben-Zahllast zur Mobilisierung zusätzlicher Mittel.

Es wurde bereits in der Studie *Gawel et al.* (2014) darauf hingewiesen, dass selbst bei einer Verdoppelung des gegenwärtigen nominellen Abgabeaufkommens von rund 300 Mio. Euro

jährlich lediglich 80 % der realen Kaufkraftentzugswirkung der Abwasserabgabe im Jahre 1994 realisiert würden.<sup>221</sup> Dies änderte zwar nichts an einer (auch sprunghaften) nominellen Mehrbelastung als Folge einer Lenkungsertüchtigung eines reformierten AbwAG. Es zeigt aber deutlich, dass jedenfalls von einer unverhältnismäßigen oder unvertretbaren Belastung keine Rede sein könnte, denn sie würde nicht einmal das reale Niveau der Abgabezahllasten von Mitte der 1990er Jahre erreichen.

Was schließlich die Belastung der Gebührenzahler angeht, so macht die Zahllast der Abwasserabgabe für kommunale Direkteinleiter über einen längeren Zeitraum recht konstant gerade einmal 3-5 % der gebührenfähigen Kosten der Abwasserbeseitigung aus.<sup>222</sup> Diese Werte dürften zwar durch extensive Nutzung von Verrechnungstatbeständen durch kommunale Direkteinleiter nach unten verzerrt sein; dennoch zeigen auch diese Werte, dass eine entsprechende Mehrbelastung durch höhere Zahllasten der Abwasserabgabe durchaus keine unvertretbaren Zumutungen bereithalten dürfte. Eine konservative Schätzung dazu wird in Abschnitt 6.4 vorgenommen.

Es muss abschließend nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Implementation einer vierten Reinigungsstufe in jedem Falle finanziert werden muss. Gilt diese Entscheidung einmal als gesetzt, so fragt sich ökonomisch nur noch, wie diese Finanzierung sachgerecht organisiert werden kann. Die beschriebenen „Mehrbelastungen“ für Abgabepflichtige und Gebührenzahler sind dann mit alternativen „Mehrbelastungen“ anderer Finanzierungsmodelle (etwa Steuererhöhungen) zu vergleichen, nicht aber mit dem Status quo ohne vergleichbare Maßnahmen zur MV-Elimination.

### 6.2.5 Zwischenfazit

Insgesamt weist eine aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe gespeiste Förderpolitik mit Selbstbehalt unter Berücksichtigung des Selbstfinanzierungseffektes die beste instrumentelle Kosten-Nutzen-Relation auf. Sie wäre zu flankieren durch eine Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe mit Aufkommenserhöhung, um andere Finanzierungszwecke aus dem Aufkommen einerseits und den eigentlichen Lenkungszweck der Abgabe andererseits nicht zu gefährden. Diese Lösung ist zugleich unabhängig von einer ordnungsrechtlichen Basisregulierung, wird dann aber – wegen ihres Selbstbehaltes – u. U. nicht die volle flächendeckende Implementierung gewährleisten können.

Die durch die Bezuschussung eintretende teilweise Gebührensубventionierung kann nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL gerechtfertigt werden. Den Selbstbehalt tragen dann die Gebührenzahler der reinigenden Kläranlage, die übrigen Kosten alle Gebührenzahler gleichmäßig (Ausgleich des „Effizienzopfers“). Die Konstruktion ähnelt stark dem Schweizer Modell. Die aufgesattelte Last bei der Ertüchtigung der Abgabe (Zusatzaufkommen) entspricht dann dem Schweizer Finanzierungs-Modell, geht aber zugleich konform mit dem deutschen Lenkungsanspruch, ist also kein reines Solidarmodell, weil die aufkommenden Mittel von einer Lenkungsabgabe stammen (und nicht von einer reinen Finanzierungsabgabe wie in der Schweiz). Die bundesdeutsche Abwasserabgabe würde so insgesamt lenkungspolitisch ertüchtigt und erbrächte dadurch zugleich ein höheres Aufkommen, das zur Finanzierung der vierten Reinigungsstufe ohnehin an anderer Stelle hätte mobilisiert werden müssen. Das Zusatzaufkommen stockte sodann den Lenkungseffekt gezielt im Bereich der vierten

---

<sup>221</sup> Gawel et al. (2014), S. 376.

<sup>222</sup> Siehe die Daten bei BGW/ATV-DVKK (2003), S. 3; ATT et al. (2011), S. 26.

Reinigungsstufe auf. Dies entspräche im Übrigen auch dem ursprünglichen „Aufstockungsmodell“ des SRU (1974).

Aufgrund der durch das Modell organisierten Lastteilung und der angenommenen gesamtwirtschaftlichen Effizienz einer auf Groß-Kläranlagen begrenzten vierten Reinigungsstufe erscheinen die dadurch ausgelösten Belastungen auch insgesamt vertretbar und ausgewogen (dazu näher 6.4).

### 6.3 Selbstfinanzierungseffekt

Es ist zu prüfen, inwieweit durch eine vierte Reinigungsstufe ein „Selbstfinanzierungseffekt“ insoweit eintritt, als dass die weitergehende Abwasserbehandlung zu einer verringerten Zahllast bei der Abwasserabgabe beitragen und so eine Teilfinanzierung der Maßnahmenkosten gelingen könnte.

Gemäß den Darstellungen des Abschnitts 3.3 führt die Implementierung einer vierten Reinigungsstufe je nach eingesetztem Behandlungsverfahren zu zusätzlichen Reinigungseffekten durch Reduktion der CSB- und  $P_{ges}$ -Konzentrationen nach der vierten Reinigungsstufe. Bei gleichbleibender Prozessgestaltung (Eliminationsleistung) in den vorgelagerten Reinigungsstufen geht damit eine Reduktion der CSB- und  $P_{ges}$ -Konzentrationen im Kläranlagenablauf gegenüber den derzeitigen Einleitbedingungen einher (daneben geringfügige N-Reduzierung möglich). Dies ermöglicht prinzipiell eine Reduktion der zu entrichtenden Abwasserabgabe. Die Zahllast sinkt mithin durch Verringerung der zu veranlagenden Schadeinheiten. Zusätzlich eröffnen sich ggf. Verrechnungsmöglichkeiten nach § 10 AbwAG in Bezug auf die Aufwendungen für eine vierte Reinigungsstufe.

Zu beachten ist hierbei, dass auf diese zusätzlichen Reinigungseffekte der vierten Reinigungsstufe zugunsten bau-, betriebs- und verfahrenstechnischer Anpassungsmaßnahmen an den vorgelagerten, bestehenden Reinigungsstufen verzichtet werden könnte. Letzteres könnte mit Kosteneinsparungen in diesem Bereich einhergehen, auch ohne ggf. die abgabenrelevanten CSB- und Nährstofflasten am Kläranlagenablauf zu reduzieren. Es sei an dieser Stelle die mögliche Reduzierung des Fällmitteleinsatzes zur P-Eliminierung beim Einsatz PAK-basierter Verfahren genannt. **Eine Gesamtanlagenoptimierung könnte somit auch auf die Einhaltung derzeit geltender Überwachungswerte ausgerichtet sein – ohne eine Reduzierung der Zahllast der Abwasserabgabe, jedoch mit einer Reduzierung der Kosten der vorgelagerten Reinigungsstufen.**

#### 6.3.1 Reduzierung der Abwasserabgabe durch zusätzliche Eliminationsleistung – Beispielrechnung

Die vierte Reinigungsstufe behandelt den Kläranlagenablauf. Die Ermittlung der Kosten von Bau und Betrieb der vierten Reinigungsstufe beruht deshalb auf der Jahresabwassermenge. Für die Abwasserabgabe ist jedoch die Jahresschmutzwassermenge maßgebend. Diese Daten der 247 Kläranlagen der GK 5 lagen für die Abschätzung nicht vor, so dass die potenziellen Einsparungen bei der Abwasserabgabe ebenfalls auf Grundlage der Jahresabwassermenge ermittelt wurden. Gleichzeitig werden aber auch die Einsparpotenziale durch die etwaige zusätzliche Eliminationsleistung nachfolgend höher ermittelt, als sie sich real ergeben würden.

Für die Anwendung einer vierten Reinigungsstufe basierend auf PAK ergeben sich in den untersuchten Anwendungsfällen (vgl. Tabelle 12) CSB-Reduktionen von 30–70 %. Die erzielbare CSB-Reduktion beim Einsatz von PAK hängt von der Menge der zudosierten Aktivkohle ab. Untersuchungen von *Metzger/Kapp* (2008) zeigen beispielsweise für 10 mg/l PAK-Zugabe DOC-Verringerungen von 40–50 % und für 20 mg/l PAK-Zugabe von 60–70 % für eine

Versuchsanlage auf dem Klärwerk Steinhäule, Ulm, auf. Der höheren CSB-Reduktion stehen demnach größere, erforderliche Aktivkohlemengen gegenüber, deren Kosten dem zusätzlichen Reinigungseffekt gegenüberzustellen sind. Für eine ausreichende Elimination der Mikroverunreinigungen wird von einer Zugabe von ca. 10 mg/l ausgegangen.<sup>223</sup> Die Implementierung einer PAK-Reinigungsstufe ermöglicht weiterhin die Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufwerte. Metzger/Kapp (2008) weisen  $P_{ges}$ -Ablaufwerte von weniger als 0,1 mg/l aus. Die verfügbare Daten- und Erkenntnislage reicht derzeit jedoch nicht aus, um von einer generellen Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufwerte in dieser Größenordnung auszugehen (vgl. Abschnitt 3.3). Dementsprechend wird im Folgenden für die Berechnung der Abwasserabgabe mit und ohne Reduzierung der  $P_{ges}$ -Ablaufwerte gerechnet (vgl. Tabelle 17). Die erzielbaren zusätzlichen Eliminationsleistungen (CSB,  $P_{ges}$ ) bei der PAK-Anwendung ermöglichen grundsätzlich eine Reduktion der Abwasserabgabe sowohl durch eine reduzierte, abgabenrelevante Jahresschadstofffracht als auch durch die Verrechnung der Aufwendungen zur Umsetzung der vierten Reinigungsstufe.

Die Ausführung der vierten Reinigungsstufe als Ozonung geht im Vergleich zur PAK-Anwendung mit einer nur geringen CSB-Reduktion von bis zu 10 % einher, die auf die nachgeschaltete Filtration zurückgeführt wird (vgl. Abschnitt 3.3). Für die Ozonung ist nicht von einer Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufwerte auszugehen. Eine Reduzierung der Abwasserabgabe ist auch in diesem Fall prinzipiell möglich, für eine Verrechnung der Aufwendungen für die vierte Reinigungsstufe reicht der zusätzliche Reinigungseffekt bezüglich des CSB jedoch nicht aus. Da Mikroschadstoffe nach geltendem Recht nicht zu den „bewerteten Schadstoffe[n] und Schadstoffgruppen“ zählen, genügt deren Reduzierung nicht, um einen Verrechnungstatbestand zu begründen.

Unter der Annahme einer möglichen, zusätzlichen Reduktion der CSB-Konzentration im Kläranlagenablauf von 40 % beim Einsatz von PAK und 10 % beim Einsatz von Ozon (vgl. Abschnitt 3.3) und ggf. der  $P_{ges}$ -Konzentration auf < 0,1 mg/l beim Einsatz von PAK ergibt sich für diese beiden Parameter für die 247 Kläranlagen der GK 5 eine mögliche Einsparung der Abwasserabgabe<sup>224</sup> gemäß Tabelle 15 bzw. Tabelle 16 (ohne Verrechnung). Aufgrund der unterschiedlichen zusätzlichen Eliminationsleistung der PAK- und ozonbasierten Verfahren ergeben sich, wie in den Tabellen 15 und 16 dargestellt, für die PAK-Anwendung entsprechend höhere Reduktionsmöglichkeiten der Abwasserabgabe im Vergleich zum Ozoneinsatz (ohne Verrechnung). Zusätzlich ermöglicht die angenommene Reduktion des Parameters CSB um 40 % die Verrechnung der Aufwendungen für die Umsetzung der vierten Reinigungsstufe bei der PAK-Anwendung, während dies bei der Ozonung unter den derzeitigen Rahmenbedingungen nicht möglich ist.

Der vereinfachten Hochrechnung in den Tabellen 15 und 16 liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

Jahresabwassermenge für die 247 GK-5-Anlagen <sup>225</sup> :	4,4 Mrd. m <sup>3</sup> (vgl. Abschnitt 3.2)
Zulässige Ablaufkonzentration laut AbwV (2004), Anhang 1, CSB, GK 5:	75 mg/l
Beispielanlage, Überwachungswert nach Herabklärung CSB, GK 5:	60 mg/l
Zulässige Ablaufkonzentration laut AbwV (2004), Anhang 1, $P_{ges}$ , GK 5:	1 mg/l

<sup>223</sup> Vgl. Mertsch et al. (2013), S. 33/3.

<sup>224</sup> Realisiert über eine Herabklärung.

<sup>225</sup> UBA (2014).

Reduktion der CSB-Konzentration bei PAK-Einsatz:	40 %
Reduktion der CSB-Konzentration bei Ozonung:	10 %
Reduktion der $P_{ges}$ -Konzentration, nur bei PAK:	< 0,1 mg/l

Die stark vereinfachte Hochrechnung zur Abwasserabgabe erfolgt in Ermangelung anderer Daten auf Basis der Jahresabwassermenge gemäß UBA (2014).

Aufgrund der anlagenspezifischen Zusammensetzung der Abwasserabgabe beziehen sich die Berechnungen zu möglichen Reduktionspotenzialen jeweils nur auf die Parameter CSB und  $P_{ges}$ . Ausgehend von 75 mg/l bzw. 60 mg/l CSB-Konzentration im Kläranlagenablauf und einer Jahresabwassermenge von 4,4 Mrd. m<sup>3</sup> ergeben sich Jahresschadstofffrachten von 332 kt bzw. 265 kt CSB. Daraus leiten sich 6,6 Mio. bzw. 5,3 Mio. Schadeinheiten für diesen Parameter ab. Mit einem Abgabesatz pro Schadeinheit von 35,79 € ergibt sich eine jährliche Schmutzwasserabgabe von 237 Mio. bzw. 190 Mio. Euro für den Parameter CSB.

Es wird angenommen, dass durch den Einsatz der vierten Reinigungsstufe die CSB-Konzentration im Ablauf um 40 % (PAK) bzw. 10 % (Ozon) gesenkt wird: von 75 mg/l auf 45 mg/l bzw. von 60 mg/l auf 36 mg/l im Fall der PAK und von 75 mg/l auf 67,5 mg/l bzw. von 60 mg/l auf 54 mg/l bei der Ozonung. Somit ergeben sich für die Jahresabwassermenge von 4,4 Mrd. m<sup>3</sup> Jahresschadstofffrachten von 198 kt bzw. 159 kt beim PAK-Einsatz und 298 kt bzw. 239 kt bei der Ozonung. Mit einem Abgabesatz pro Schadeinheit von 35,79 € ergibt sich eine Schmutzwasserabgabe von 142 Mio. bzw. 114 Mio. Euro für den Parameter CSB bei einer PAK-Anwendung und 214 Mio. Euro bzw. 171 Mio. Euro bei der Ozonung.

Die Erfüllung des Standes der Technik ermöglicht ferner eine Halbierung der Schmutzwasserabgabe. Bei einem Ausgangswert von 75 mg/l kann dementsprechend die Abwasserabgabe für den Parameter CSB durch eine PAK-Anwendung um 47,5 Mio. Euro pro Jahr, durch die Ozonung um 11,8 Mio. Euro pro Jahr reduziert werden. Für einen Ausgangswert von 60 mg/l liegen diese Werte bei 38 Mio. Euro bzw. 9,5 Mio. Euro. Für die PAK-Anwendung können zusätzlich Einsparungen durch die Reduzierung der  $P_{ges}$ -Konzentration im Kläranlagenablauf von 23,7 Mio. Euro im Szenario I bzw. 11,9 Mio. Euro im Szenario III erzielt werden (vgl. Tabelle 15). Für die Ozonung können entsprechende Einsparpotenziale durch eine Reduzierung der  $P_{ges}$ -Konzentration im Kläranlagenablauf nicht generiert werden.

Tabelle 15: Vereinfachte Hochrechnung des Einsparpotenzials an Abwasserabgabe-Zahllast für den Parameter CSB, GK-5-Anlagen

Parameter	Abkürzung	Einheit	Anmerkung	Normalbetrieb	40%-Red. (PAK)	10%-Red. (Ozon)	Heraberkklärung (Bsp.)	40%-Red. (PAK)	10%-Red. (Ozon)
CSB		mg/l		75	45	67,5	60	36	54
Einwohnerwert	EW	EW	GK 5	58.829.688					
Jahresabwassermenge <sup>226</sup>	JAM	m <sup>3</sup>	GK 5	4.421.162.931					
		l		4,42116					
		mg/l		75	45	67,5	60	36	54
Überwachungswert	ÜW (CSB)	kg/l		0,000075	0,000045	0,0000675	0,00006	0,000036	0,000054
Jahresschadstofffracht	JSFr	kg	= JAM × ÜW	331.587.220	198.952.332	298.428.498	265.269.776	159.161.866	238.742.798
Messeinheit	ME <sub>CSB</sub>	kg/SE	Literaturwert	50					
Schadeinheiten	SE	SE	= JSFr/ME	6.631.744	3.979.047	5.968.570	5.305.396	3.183.237	4.774.856
Abgabesatz		€/SE	Literaturwert	35,79					
Schmutzwasserabgabe/Jahr (CSB); ohne Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG	SW-Abgabe	€/a	= SE × Abgabesatz	237.350.132	142.410.079	213.615.119	189.880.106	113.928.063	170.892.095
Einsparpotenzial/Jahr (CSB), ohne Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG		€/a			<b>94.940.053</b>	<b>23.735.013</b>		<b>75.952.042</b>	<b>18.988.011</b>
Schmutzwasserabgabe/Jahr (CSB); mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG	SW-Abgabe	€/a	= SE × Abgabesatz × 0,5	118.675.066	71.205.040	106.807.559	94.940.053	56.964.032	85.446.048
Einsparpotenzial/Jahr (CSB), mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG		€/a			<b>47.470.026</b>	<b>11.867.507</b>		<b>37.976.021</b>	<b>9.494.005</b>

Eigene Darstellung auf Basis der Jahresabwassermenge

<sup>226</sup> Für die Hochrechnung der Schmutzwasserabgabe werden Daten des UBA (2014) verwendet. Diese weisen für die 247 Kläranlagen der GK 5 die Jahresabwassermenge für das Jahr 2012 aus, die hier vereinfacht zur Berechnung der Schmutzwasserabgabe herangezogen wird. Durch die Verwendung der Jahresabwassermenge wird eine Abwasserabgabe berechnet, die gegenüber dem realen Abgabenaufkommen deutlich überhöht ist. Gleichzeitig wird auf dieser Grundlage auch die Abgabenreduzierung durch die potenzielle zusätzliche Eliminationsleistung höher bestimmt als sie vermutlich real eintreten würde.

Tabelle 16: Vereinfachte Hochrechnung auf Basis der Jahresabwassermenge des Einsparpotenzials an Abwasserabgabe für den Parameter  $P_{ges}$ , GK-5-Anlagen

Parameter	Abkürzung	Einheit	Anmerkung	Normalbetrieb	Reduktion
$P_{ges}$		mg/l		1	0,1
Einwohnerwert	EW	EW		58.829.688	
Jahresabwassermenge <sup>227</sup>	JAM	m <sup>3</sup>		4.421.162.931	
		l		4,42116	
Überwachungswert	ÜW ( $P_{ges}$ )	mg/l		1	0,1
		kg/l		0,000001	0,0000001
Jahresschadstofffracht	JSFr	kg	= JAM × ÜW	4.421.163	442.116
Messeinheit	ME <sub><math>P_{ges}</math></sub>	kg/SE	Literaturwert	3	
Schadeinheiten	SE	SE	= JSFr/ME	1.473.721	147.372
Abgabesatz		€/SE	Literaturwert	35,79	35,79
Schmutzwasserabgabe/Jahr ( $P_{ges}$ ); ohne Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG	SW-Abgabe	€	= SE × Abgabesatz	52.744.474	5.274.447
Einsparpotenzial/Jahr ( $P_{ges}$ ), ohne Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG		€/a			47.470.026
Schmutzwasserabgabe/Jahr ( $P_{ges}$ ); mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG	SW-Abgabe	€/a	= SE × Abgabesatz	26.372.237	2.637.224
Einsparpotenzial/Jahr ( $P_{ges}$ ), mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG		€/a			23.735.013

Eigene Darstellung

Gemäß den Hochrechnungen der Tabellen 15 und 16 können den Szenarien des Abschnitts 3.2 zu den entstehenden Kosten die in Tabelle 17 dargestellten Einsparmöglichkeiten an Zahllast der Abwasserabgabe zugeordnet werden. Zum Vergleich: Das Gesamtaufkommen der Abwasserabgabe betrug im Jahre 2012 in Deutschland 307,62 Mio. Euro.<sup>228</sup>

<sup>227</sup> Für die Hochrechnung der Schmutzwasserabgabe werden Daten des UBA (2014) verwendet, die für die 247 Kläranlagen der GK 5 die Jahresabwassermenge für das Jahr 2012 ausweisen, die hier vereinfacht zur Berechnung der Schmutzwasserabgabe herangezogen wird. Durch die Verwendung der Jahresabwassermenge wird eine Abwasserabgabe berechnet, die gegenüber dem realen Abgabenaufkommen deutlich überhöht ist. Gleichzeitig wird auf dieser Grundlage auch die Abgabenreduzierung durch die potenzielle zusätzliche Eliminationsleistung höher bestimmt als sie vermutlich real eintreten würde.

<sup>228</sup> Gawel et al. (2014), S. 375.

Tabelle 17: Kosten der vierten Reinigungsstufe für Anlagen der GK 5 und Reduzierungsmöglichkeiten der Abwasserabgabe durch zusätzliche Eliminationsleistungen, ohne Verrechnung (Überwachungswert für CSB = 75 mg/l)

	Szenario I (100 % PAK)		Szenario II (100 % Ozon)	Szenario III (50 : 50 PAK : Ozon)	
Gesamtinvestitionskosten - einschließlich Filtration (€)	2,3 Mrd.		1,7 Mrd.	2 Mrd.	
Gesamtbetriebskosten - einschließlich Filtration (€/a)	319 Mio.		229 Mio.	274 Mio.	
Gesamtjahreskosten - einschließlich Filtration (€/a)	492 Mio.		362 Mio.	427 Mio.	
Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung <sup>229</sup> mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG (Status quo) (€/a)	(ohne P) 47,5 Mio.	(mit P) 71,2 Mio.	(ohne P) 11,8 Mio.	(ohne P) 29,7 Mio.	(mit P) 41,5 Mio.
Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung <sup>230</sup> ohne Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG (€/a)	94,9 Mio.	142,4 Mio.	23,7 Mio.	59,3 Mio.	83,1 Mio.

Eigene Darstellung

Nach dieser sehr groben Abschätzung könnten sich in der Summe über alle GK-5-Anlagen Reduzierungen der Jahreskosten der vierten Reinigungsstufe durch eine verringerte Abwasserabgabe aufgrund verbesserter Eliminationsleistungen einstellen.

- Diese könnten in der Größenordnung von ca. 3 % bei der Ozonung und etwas mehr als 14 % beim Einsatz von PAK (mit Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentration) bzw. rund 10 % (ohne Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentration) liegen.
- Bezogen lediglich auf die Betriebskosten könnten bei der Ozonung durch die Reduzierung der Abwasserabgabe ca. 5 % und bei der PAK-Anwendung ca. 22 % (mit Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentration) bzw. rund 15 % (ohne Reduktion der  $P_{ges}$ -Ablaufkonzentration) „gegenfinanziert“ werden.

Aufgrund der Hochrechnung der Einsparpotenziale in Bezug auf die Zahllast der Abwasserabgabe auf Basis der Jahresabwassermenge sind die ermittelten Einsparpotenziale allerdings als überhöht zu betrachten. **Die summarische Überschlagsrechnung ergibt damit, dass eine Reduktion der Abwasserabgabe durch zusätzliche Eliminationsleistungen nur in sehr begrenztem Umfang zu einem Selbstfinanzierungseffekt beitragen kann.**

<sup>229</sup> Für Ausgangswert 75 mg/l CSB, vgl. Tabelle 14.

<sup>230</sup> Für Ausgangswert 75 mg/l CSB, vgl. Tabelle 14.

### 6.3.2 Reduzierung der Abwasserabgabe durch Verrechnung

Gemäß § 10 Abs. 3 AbwAG können ferner Investitionen mit der Abwasserabgabe verrechnet werden, „deren Betrieb eine Minderung der Fracht einer der bewerteten Schadstoffe und Schadstoffgruppen in einem zu behandelnden Abwasserstrom um mindestens 20 vom Hundert sowie eine Minderung der Gesamtschadstofffracht beim Einleiten in das Gewässer erwarten lässt“. Basierend auf den Darstellungen in Abschnitt 3.3 wäre unter bestimmten örtlichen Rahmenbedingungen beim Einsatz von PAK demnach eine Verrechnung der Maßnahmen der vierten Reinigungsstufe mit der Abwasserabgabe grundsätzlich möglich. „So können die für die Errichtung oder Erweiterung der Anlage entstandenen Aufwendungen mit der für die in den drei Jahren vor der vorgesehenen Inbetriebnahme der Anlage insgesamt für diese Einleitung geschuldeten Abgabe verrechnet werden.“<sup>231</sup> Inwiefern dies für jede der 247 Kläranlagen der GK 5 zutrifft, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden. Entsprechende Verrechnungsszenarien können nur beispielhaft verdeutlicht werden. Eine entsprechende Hochrechnung für die 247 GK-5-Anlagen ist aufgrund der anlagenspezifischen Ausgestaltung der Abwasserabgabe nicht möglich.

Als Zahlenbeispiel wird eine Anlage herangezogen, die im Rahmen des Gutachtens „Reform der Abwasserabgabe“ in eine Befragung zu Wirkungen einer etwaigen Reform der Abgabe einbezogen war.<sup>232</sup>

- Eine GK-5-Anlage mit 550.000 angeschlossenen Einwohnerwerten und einer Jahresschmutzwassermenge von rund 34 Mio. m<sup>3</sup> zahlt pro Jahr 1,25 Mio. Euro Abwasserabgabe.
- Davon entfallen auf den CSB 0,73 Mio. Euro und auf P<sub>ges</sub> 0,2 Mio. Euro. Der Überwachungswert für CSB wurde auf 60 mg/l herabberklärt.
- Bei einer Reduktion der CSB- und P<sub>ges</sub>-Ablaufkonzentrationen durch PAK im hier angenommenen Umfang von 40 bzw. 90 % reduziert sich die Abwasserabgabe für CSB um 0,3 Mio. Euro auf 0,43 Mio. Euro und für P<sub>ges</sub> um 0,18 Mio. Euro auf 0,02 Mio. Euro.
- Damit ergibt sich eine jährliche Einsparung bei der Abwasserabgabe von 0,48 Mio. Euro (mit Reduktion der P<sub>ges</sub>-Ablaufkonzentration).
- Gemäß Formel (3) und Filtrationskosten entsprechend Kapitel 3.2.1 ergeben sich für eine PAK-Maßnahme einschließlich Filtration für diese Beispielanlage ca. 18 Mio. Euro Gesamtinvestitionskosten.
- Verteilt auf drei Jahre ergäben sich pro Jahr Verrechnungsbeträge von rund 6 Mio. Euro. Dieser Betrag übersteigt die Abgabenlast von 1,25 Mio. Euro.
- Somit könnte theoretisch für dieses Berechnungsbeispiel für drei Jahre die Abwasserabgabe auf 0 Euro reduziert und damit könnten pro Jahr für drei Jahre je 1,25 Mio. Euro Abwasserabgabe eingespart werden. Anschließend könnte diese in den Jahren ab der Inbetriebnahme um 0,48 Mio. Euro (gegenüber den derzeitigen Bedingungen) reduziert werden.
- Zum Vergleich: Diesem Betrag stehen Betriebskosten für eine PAK-Anwendung einschließlich Filtration von jährlich ca. 2,7 Mio. Euro (Formel (6) und Filtrationskosten

---

<sup>231</sup> § 10 Abs. 3 AbwAG

<sup>232</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 409.

gemäß Kapitel 3.2.1) bzw. Jahreskosten von 3,8 Mio. Euro (Formel (12) und Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1) gegenüber.

- Für die Implementierung einer ozonbasierten vierten Reinigungsstufe würden sich die Investitionskosten gemäß Formel (1) und Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1 auf ca. 14 Mio. Euro belaufen (Betriebskosten gemäß Formel (5) und Filtrationskosten gemäß Abschnitt 3.2.1 von 2 Mio. Euro; Jahreskosten gemäß Formel (11) und Filtrationskosten gemäß Abschnitt 3.2.1 von 3 Mio. Euro).
- Dem stehen Einsparmöglichkeiten der Abwasserabgabe für den Parameter CSB von 0,07 Mio. Euro jährlich, also eine Reduzierung auf 0,66 Mio. Euro, gegenüber.

Für dieses Beispiel ergäbe sich also eine Reduzierung der Abwasserabgabe durch den PAK-Einsatz im Rahmen der vierten Reinigungsstufe, die die dabei zusätzlich anfallenden Betriebskosten, einschließlich Filtration nur zu ca. 18 % und die Investitionskosten von 18 Mio. Euro zu ca. 21 % (bezogen auf die 3,75 Mio. Euro eingesparter Abwasserabgabe) durch Verrechnung decken könnte. Beim Einsatz einer ozonbasierten Variante könnten lediglich 4 % der Betriebskosten durch die eingesparte Abwasserabgabe gedeckt werden, dem stehen jedoch geringere Betriebskosten im Vergleich zu einer PAK-basierten Variante gegenüber. Die Verrechnung der Investitionskosten, die ebenfalls im Vergleich zur PAK-Anwendung geringer ausfallen, wäre jedoch nicht möglich.

Die Abwasserabgabe in diesem Beispiel ist zu niedrig, um nach der derzeit geltenden Verrechnungsmöglichkeit nach § 10 Abs. 3 AbwAG innerhalb von drei Jahren eine vollständige Verrechnung des Investitionsaufwands zu erlauben.

### 6.3.3 Verrechnungsmöglichkeiten bei Reform der Abwasserabgabe nach dem Reformszenario „Lenkungsertüchtigung“<sup>233</sup>

Als mögliche Elemente zur Reform der Abwasserabgabe mit dem Ziel der „Lenkungsertüchtigung“ wurden u. a. benannt: die Streichung der Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG, die Streichung oder Deckelung der Verrechnungsmöglichkeiten nach § 10 Abs. 3 AbwAG sowie der Wegfall der Herabberklärung nach § 4 Abs. 5 AbwAG zugunsten einer sog. Messlösung.<sup>234</sup>

Für die in Abschnitt 6.3.2 genannte Beispielanlage ergäbe sich bei einem Wegfall der Ermäßigung und der Herabberklärung für den CSB-Überwachungswert eine Abwasserabgabe von ca. 2,85 Mio. Euro pro Jahr. Davon entfielen auf den CSB 1,8 Mio. Euro und auf  $P_{ges}$  0,4 Mio. Euro. Andererseits würden durch die Einführung der Messlösung in dem genannten Beispiel Einsparungen bei der Abwasserabgabe von ca. 50 % ermöglicht.

Damit wären insgesamt bei einem Wegfall der Ermäßigung (und der Herabberklärung) durch die Messlösung in Verbindung mit der verbesserten Reinigungswirkung Einsparungen bei der Abwasserabgabe zu erzielen, die die Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe einschließlich Filtration zu ca. 73 % für eine PAK-Anwendung (einschließlich Reduzierung  $P_{ges}$ ) und zu ca. 76 % für eine Ozon-Anwendung decken könnten. Die Investitionskosten könnten dagegen in diesem Reformszenario durch Wegfall oder Deckelung der Verrechnungsmöglichkeiten nicht

---

<sup>233</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 390 ff.

<sup>234</sup> Weitere Elemente dieses Reformszenarios wie z. B. Ersatz des CSB durch den TOC oder die Einführung eines Abgabeparameters auf eingeleitete Wärmeenergie werden in der nachfolgenden Näherungsbetrachtung nicht berücksichtigt.

abgabensenkend angerechnet werden. Referenzpunkt ist in beiden Fällen die nicht ermäßigte Abgabe entsprechend dem Szenario „Lenkungsertüchtigung“.

Ein Ergebnis, das in die gleiche Richtung weist, ergibt sich auch aus einer Veröffentlichung von *Nisipeanu et al.*<sup>235</sup> Die Autoren zeigen dort als Ergebnis von Beispielrechnungen mit Daten aus dem Ruhrverband die Wirkungen von Heraberkklärungen und der Messlösung auf die Höhe der Abwasserabgabe des Ruhrverbands und stellen diese der Zahlungspflicht aus der Bescheidlösung gegenüber. Angegeben sind dort summarische Daten für 68 Kläranlagen verschiedener Größenklassen aus den Jahren 2008, 2009 und 2010, vgl. Tabelle 18.

Tabelle 18: Abwasserabgabe-Zahllast (in Euro) und Wirkung von Heraberkklärung und Messlösung beim Ruhrverband

	2008			2009			2010		
	gem. Bescheid	nach Herab- erklärung	mit Mess- lösung	gem. Bescheid	nach Herab- erklärung	mit Mess- lösung	gem. Bescheid	nach Herab- erklärung	mit Mess- lösung
CSB			1.792.971			1.994.024			1.475.264
P			1.142.861			1.167.634			848.621
N <sub>ges</sub>			1.632.999			1.664.556			1.265.530
Summe	11.234.780	7.779.877	4.568.831	13.620.502	9.804.951	4.826.214	14.093.941	10.158.993	3.589.415
	100 %	ca. 69 %	ca. 41 %	100 %	ca.72 %	ca. 35 %	100 %	ca. 72 %	ca. 26 %

Ergänzt nach *Nisipeanu et al.* (2013)

Die Daten der Tabelle 18 lassen verschiedene Schlussfolgerungen zu. Zumindest für einen großen Wasserwirtschaftsverband mit Entsorgungsaufgaben bei dichter Besiedlungs- und Industriestruktur zeigt sich, dass

1. die Abgabe auf CSB und N<sub>ges</sub> von ungefähr gleicher Größenordnung ist und die Abgabe auf P keine halbe Größenordnung kleiner ist, diese Größenordnung also beinahe ebenfalls erreicht.
2. die Messlösung ein erhebliches Reduzierungspotenzial besitzt und einen etwaigen Wegfall der Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 AbwAG deutlich überkompensieren kann. Bezogen auf die Bescheidwerte werden mit der Messlösung bei den wiedergegebenen Parametern Einsparungen von 60 % bis über 70 % erwartet. Selbst bezogen auf bereits heraberkklärte Werte zeigen sich nochmalige Reduzierungen um 40 % bis über 60 %.
3. somit eine Reduzierung des CSB-Parameters um bis zu 40 % durch PAK-Anwendung in einer vierten Reinigungsstufe signifikante Auswirkungen auf die Höhe der zu zahlenden Abwasserabgabe haben dürfte. Ein eindeutiger Rückschluss auf die insgesamt zu zahlende Abgabe ist für das hier zitierte Beispiel nicht möglich, da nur gut 10 % der von *Nisipeanu et al.* (2013) in die Aufstellung einbezogenen Anlagen der Größenklasse 5 entsprechen.
4. bei Einführung der Messlösung eine Reduzierung der Phosphor-Ablaufwerte durch erhöhten Fällmitteleinsatz zur Abtrennung der PAK sich ebenfalls signifikant auf die zu zahlende Abwasserabgabe auswirken wird. Allerdings ist auch hier mit den vorliegenden Daten aus der zitierten Quelle eine exakte Bezifferung der Einspareffekte nicht möglich.

<sup>235</sup> *Nisipeanu et al.* (2013).

Eine weiter eingrenzende Abschätzung in dieser Betrachtung erlauben aber die zugehörigen Werte für die Jahresabwassermengen des Ruhrverbandes, die den Autoren von *Nisipeanu* dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurden.<sup>236</sup> Danach betrug die gesamte Jahresabwassermenge in den Jahren von 2008–2010 jeweils ungefähr 390 Mio. m<sup>3</sup>. Tatsächlich fällt jedoch nur ein gutes Drittel der Jahresabwassermenge des Ruhrverbandes in Kläranlagen der GK 5 an. Für die sechs GK-5-Anlagen ergäben sich (a) für den *Einsatz von PAK mit Filtration*

- Investitionskosten von ca. 74,6 Mio. Euro (Kostenfunktion 3, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge),
- jährliche Betriebskosten von ca. 10,5 Mio. Euro (Kostenfunktion 6, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge),
- und Jahreskosten von ca. 15,3 Mio. Euro (Kostenfunktion 12, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge),

bzw. für den *Einsatz einer ozonbasierten vierten Reinigungsstufe mit Filtration*

- Investitionskosten von 58 Mio. Euro (Kostenfunktion 1, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge),
- Betriebskosten von 7,8 Mio. Euro (Kostenfunktion 5, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge),
- und Jahreskosten von 12,4 Mio. Euro (Kostenfunktion 11, Filtrationskosten gemäß Kapitel 3.2.1, Basis: Jahresabwassermenge).

Es wird ferner vereinfachend angenommen, dass gemäß dem Anteil an der Jahresabwassermenge der GK-5-Anlagen an der Gesamtjahresabwassermenge des Ruhrverbandes ein Drittel der Abwasserabgabe gemäß Tabelle 17 auf die GK-5-Anlagen entfällt. Die Einsparungen, die dann mit der Messlösung gegenüber dem nicht ermäßigten Bescheidwert zu erzielen sind, würden die Betriebskosten einer vierten Reinigungsstufe nach dieser Abschätzung zu ca. 67 % für den PAK-Einsatz und ca. 90 % für den Ozon-Einsatz decken. Die möglichen Einsparungen durch zusätzliche Eliminationsleistungen der vierten Stufe sind demgegenüber weniger relevant.

Auf Grundlage der überschlägigen Rechnungen, der vorliegenden summarischen und der wenigen konkreten Daten steht zu vermuten, dass die Einführung der vierten Reinigungsstufe in Verbindung mit dem Wegfall der Ermäßigung sowie der Einführung der Messlösung eine erhebliche Reduzierung der Zahllast der Abwasserabgabe erlauben würde, die an die anfallenden Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe heranreichen kann. Würde die Ermäßigung nicht entfallen, dürfte die Erhöhung der Betriebskosten die erzielbaren Einsparungen durch die Messlösung deutlich übersteigen.

Für die untersuchten PAK-Anlagen, für die die meisten Daten vorliegen, ist darüber hinaus davon auszugehen, dass die Investitionskosten für eine zusätzliche vierte Reinigungsstufe auch bei Beibehaltung der Verrechnungsmöglichkeiten nach § 9 Abs. 5 AbwAG nicht vollständig durch die Abgabe gegenzufinanzieren sein werden.

---

<sup>236</sup> *Nisipeanu*, persönliche Mitteilung, 2014.

### 6.3.4 Zwischenfazit

Die Berechnungen in Abschnitt 6.3 haben ergeben, dass es einen nachweisbaren Selbstfinanzierungseffekt dadurch gibt, dass die Zahllast der Abwasserabgabe als Folge von Maßnahmen zur Implementation der vierten Reinigungsstufe zurückgeht. Hierfür ursächlich sind Minderungen bei der Schädlichkeit auch bei anderen, abgaberelevanten Schadparametern nach § 3 AbwAG. Der genaue Umfang ist insgesamt nur unter erheblichen Unsicherheiten und mit großer Varianz bei den Anlagen und Verfahren zu beziffern. **Die Einführung der vierten Reinigungsstufe in Verbindung mit dem Wegfall der Abgabesatz-Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG sowie der Einführung der Messlösung dürfte aber eine erhebliche Reduzierung der Zahllast der Abwasserabgabe erlauben, die an die anfallenden Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe heranreichen kann (vgl. Abbildung 17). Würde die Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG hingegen nicht entfallen, dürfte die Erhöhung der Betriebskosten die erzielbaren Einsparungen durch die Messlösung deutlich übersteigen.**

Die Aufwendungen für die Implementierung der vierten Reinigungsstufe würden im Szenario „Lenkungsertüchtigung“ nicht verrechnet werden.

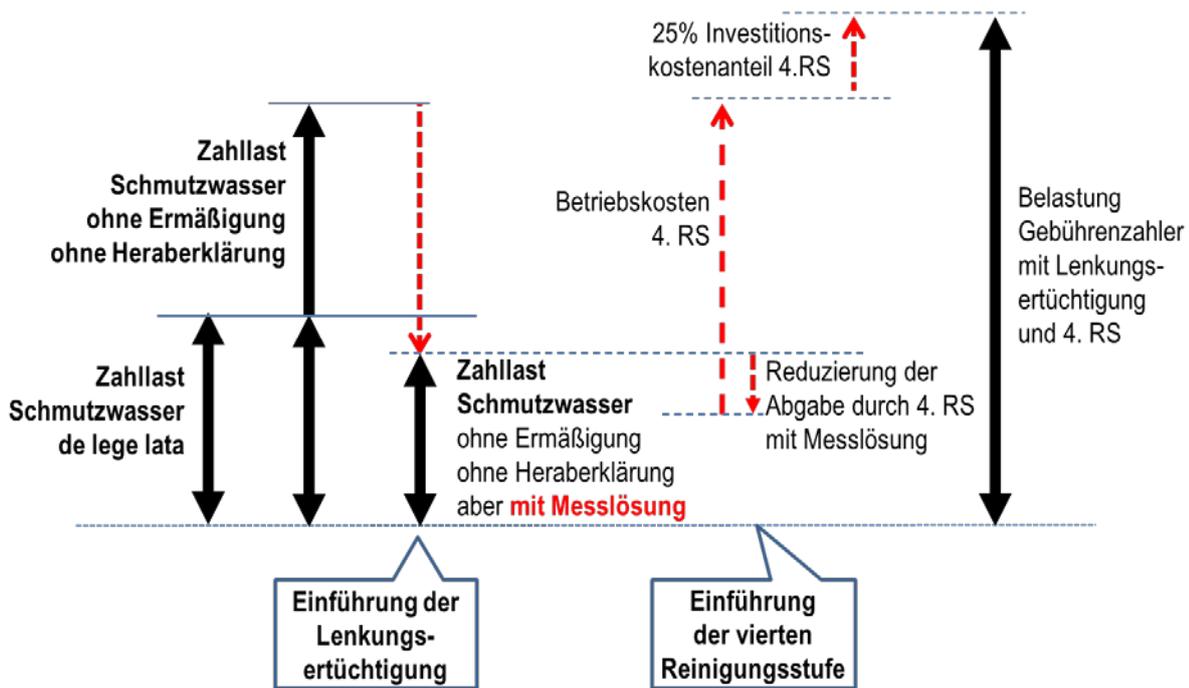


Abbildung 17: Prinzipskizze zur Entwicklung der Zahllast der Abwasserabgabe bei Einführung der Messlösung und der vierten Reinigungsstufe (eigene Darstellung)

Eine vollständige Verrechnung der Aufwendungen für die Implementierung der vierten Reinigungsstufe wäre nach den derzeitigen Kalkulationsgrundlagen auch im Zuge der heute geltenden Regelung nicht zu erwarten. Für ein Szenario „Lenkungsertüchtigung“ wäre deshalb ein Zuschuss zum jährlichen Investitionsaufwand zu rechtfertigen. Es wird daher vorgeschlagen, **75 % des jährlichen Investitionsaufwandes** für einen Zeitraum von 15 Jahren zu bezuschussen. Die verbleibenden 25 % des jährlichen Investitionsaufwandes verbleiben beim Betreiber und werden über Abwasserentgelte refinanziert. Dies entspricht einem

angemessenen **Selbstbehalt**, der auch in der Schweiz realisiert wurde. Bei den dauerhaften **Betriebskosten** wird von einer teilweisen Selbstfinanzierung durch Minderung der Zahllast ausgegangen, jedoch verbleibt eine Mehrbelastung bei den Betriebskosten gegenüber anderen Einleitern ohne vierte Reinigungsstufe. Dies ergibt sich aus der Prognose, dass Einleiter ohne vierte Reinigungsstufe eine Ermäßigung aus der Einführung der Messlösung erzielen können, die bei Einleitern mit vierter Reinigungsstufe durch die zusätzlichen Betriebskosten voraussichtlich vollständig aufgezehrt werden dürfte (vgl. Abb. 11).

## 6.4 Implikationen des Modells: Zuschussbedarf, Aufkommensbindung und Gebührenerhöhung

### 6.4.1 Zuschussbedarf und Aufkommensbindung für das empfohlene Zuschussmodell

Eine Bezuschussung in Höhe von 75 % des jährlichen Investitionsaufwandes für die vierte Reinigungsstufe auf allen Kläranlagen der GK 5 kann vereinfacht über die gemäß Kapitel 3.2 ermittelten Gesamtjahreskosten abzüglich der jährlichen Betriebskosten grob geschätzt werden. Die Auswirkungen werden für die drei Technologie-Szenarien aus Kapitel 3.2 gegenübergestellt, wobei Szenario I eine vollständige Ausrüstung der GK-5-Anlagen mit PAK-Adsorption, Szenario II eine vollständige Ausrüstung dieser Anlagen mit einer Ozonung und Szenario III vereinfachend eine 50:50-Verteilung der Technologien für die vierte Reinigungsstufe umfasst (vgl. Tabelle 19). Danach ergeben sich jährliche Kapitalkosten von 173 Mio. Euro für das Szenario I, 133 Mio. Euro für das Szenario II und 153 Mio. Euro für das Szenario III. Mit einer Bezuschussung von 75 % ergäbe sich ein jährlicher Zuschussbedarf von ca. 130 Mio. Euro für das Szenario I, 100 Mio. Euro für das Szenario II und 115 Mio. Euro für das Szenario III. Dies würde je nach Szenario ca. 33–42 % des gegenwärtigen Aufkommens der Abwasserabgabe<sup>237</sup> binden und in entsprechendem Umfang andere Finanzierungszwecke, die bislang aus dem Aufkommen gespeist wurden, verdrängen. Die verwendeten Jahreskosten beziehen sich auf die Berechnungsgrundlage von *Mertsch et al.* (2013) und die dementsprechend zugrunde gelegten Berechnungsannahmen (vgl. Kapitel 3.2). Die anfallenden Kapitalkosten können im Einzelfall u. a. in Abhängigkeit von der Finanzierungsweise deutlich abweichen.

Um den beschriebenen **Verdrängungseffekt** zu begrenzen, wäre eine Anhebung des Aufkommens der Abwasserabgabe in Betracht zu ziehen. Für eine gezielte *Erhöhung des Aufkommens* kommen vorzugsweise Änderungen des AbwAG in Betracht, die gleichzeitig den Wesenskern der Abgabe als ökonomischen Hebel zur effizienten Vorsorge im Gewässerschutz für eine breite Palette an Schadparametern nicht antasten bzw. die Lenkungseffizienz der Abgabe sogar verbessern. Hierzu kann auf die Vorschläge zu einem Reformszenario der „Lenkungsertüchtigung“ der Abwasserabgabe bei *Gawel et al.* (2014) zurückgegriffen werden. Zudem muss die gefundene Gesamtlösung von ihrer Belastungswirkung her vertretbar sein.

Nach dem derzeitigen Stand ist davon auszugehen, dass im Szenario „Lenkungsertüchtigung“ der Wegfall der Ermäßigung und die Einführung der Messlösung zu einem Abgabeaufkommen führen dürften, das im Wesentlichen nur wenig höher als das heutige Aufkommen liegt. Erhöhend auf das Aufkommen der Abgabe dürfte sich aber die Reduzierung bzw. Streichung der Verrechnungsoption auswirken. Die Größe dieser Erhöhung lässt sich jedoch in ihrer Gesamtwirkung nicht vorab beziffern.

---

<sup>237</sup> Vgl. *Gawel et al.* (2014), S. 375.

Tabelle 19: Abschätzung des jährlichen Zuschussbedarfs bei Bezuschussung von 75 % der Refinanzierungskosten<sup>238</sup>

	Szenario I (100 % PAK)	Szenario II (100 % Ozon)	Szenario III (50 : 50 PAK : Ozon)
Gesamtjahreskosten (einschließlich Filtration) gemäß Tabelle 7	492 Mio. €	362 Mio. €	427 Mio. €
Gesamtbetriebskosten, jährlich (einschließlich Filtration), gemäß Tabelle 6	319 Mio. €	229 Mio. €	274 Mio. €
Anteil der Betriebskosten an den Gesamtjahreskosten	65 %	63 %	64 %
Kapitalkosten, jährlich (einschließlich Filtration)	173 Mio. €	133 Mio. €	153 Mio. €
<b>Zuschussbedarf, jährlich (einschließlich Filtration), 75 % der Kapitalkosten</b>	<b>130 Mio. €</b>	<b>100 Mio. €</b>	<b>115 Mio. €</b>
<b>Anteil am gegenwärtigen Jahresaufkommen der AbWA (307,62 €)<sup>239</sup></b>	<b>42 %</b>	<b>33 %</b>	<b>37 %</b>
verbleibende Kapitalkosten, jährlich (einschließlich Filtration), 25 %	43 Mio. €	33 Mio. €	38 Mio. €
Höhe der Kapitalkosten ohne Bezuschussung im Vergleich zu den Betriebskosten, jährlich	54 %	58 %	56 %
Höhe der Kapitalkosten mit Bezuschussung von 75 % im Vergleich zu den Betriebskosten, jährlich	13,5 %	14 %	14 %

Eigene Darstellung

## 6.4.2 Implikationen für die Abwassergebührensätze

Die voraussichtlichen Auswirkungen auf die **Abwassergebührensätze** ergeben sich aus vier z. T. gegenläufigen Effekten:

- Erhöhung der ansatzfähigen und über Gebühren umzulegenden Kosten durch die jährlichen Kapitalkosten (Abschreibungen, Zinsen) sowie die Betriebskosten der Maßnahmen zur Implementation der vierten Reinigungsstufe,
- Minderung der Kosten durch Bezuschussung der Kapitalkosten in Höhe von 75 %,
- Minderung der Kosten durch rückläufige Zahllast der Abwasserabgabe als Folge verbesserter Reinigungsleistung,
- Erhöhung der Kosten durch Anhebung der Zahllast einer reformierten (lenkungsertüchtigten) Abwasserabgabe.

<sup>238</sup> Vereinfachte Abschätzung auf Grundlage der verwendeten Kostenfunktionen von *Mertsch et al.* (2013).

<sup>239</sup> *Gawel et al.* (2014), S. 375.

Die Nutzer von Anlagen *ohne* Maßnahmen zur MV-Elimination wären nur durch den letzten Punkt betroffen. Sie müssten mit einer Erhöhung ihrer nominellen Belastung vor allem dann rechnen, wenn *de lege ferenda* das AbwAG lenkungspolitisch ertüchtigt wird und insbesondere wenn ihre Abwasserbehandlungsanlage in der Vergangenheit Investitionen über Verrechnungen zu einer signifikanten Minderung der Abwasserabgabenschuld genutzt haben.

Für die Nutzer von Anlagen *mit* künftigen Maßnahmen zur MV-Eliminationen sind hingegen alle vier oben genannten Einflussfaktoren von Bedeutung. Der Netto-Effekt der genannten Punkte ist naturgemäß nur grob abzuschätzen. Gemäß Abbildung 11 kann durch die Einführung der vierten Reinigungsstufe in Verbindung mit dem Wegfall der Abgabesatz-Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG sowie der Einführung der Messlösung eine erhebliche Reduzierung der Zahllast der Abwasserabgabe erreicht werden, die an die anfallenden Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe heranreichen kann. Die Minderung der Kosten durch die rückläufige Zahllast der Abwasserabgabe als Folge verbesserter Eliminationsleistung trägt, wenngleich weniger relevant, ebenso zur Finanzierung der Betriebskosten bei. Wird für das Lenkungsszenario beispielhaft unterstellt, dass die zusätzlichen Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe und die Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung der derzeitigen Höhe der Schmutzwasserabgabe (vgl. Abbildung 11) und damit etwa der Höhe der Reduzierung der Abwasserabgabe nach dem Lenkungsszenario durch Messlösung – um 50 % – entsprechen, so würden bei Einführung der vierten Reinigungsstufe Zusatzkosten entgeltrelevant, die etwa der Höhe der derzeit zu zahlenden Schmutzwasserabgabe entsprechen. Zusätzlich wären die gesamten bzw. 25 % der Kapitalkosten resultierend aus der Investition der vierten Reinigungsstufe zu tragen. Daraus würden gegenüber dem Status quo Zusatzkosten pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge gemäß Tabelle 19 (Spalte 14 und 15) resultieren. Tabelle 20 sind darüber hinaus die aus der Implementierung der vierten Reinigungsstufe pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge resultierenden zusätzlichen Kosten bei Berechnung der Abwasserabgabe *de lege lata* zu entnehmen.

Bezogen auf die Jahresabwassermenge der 247 betrachteten GK-5-Anlagen von insgesamt 4,4 Mrd. m<sup>3</sup> ergeben sich gemäß den Berechnungen des Kapitels 3.2 je nach Szenario Gesamtjahreskosten von 362–492 Mio. Euro und damit je nach Szenario bzw. Behandlungsverfahren 0,08–0,11 €/m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge (ohne Berücksichtigung von Reduzierungen der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung und Bezuschussung der Kapitalkosten). Diese Größenordnung des Kostenanstiegs **bezogen auf die Jahresabwassermenge** wird durch Literaturlauswertungen von *Mertsch et al.* (2013) und *Metzger et al.* (2014) bestätigt. Daraus lässt sich jedoch nicht unmittelbar für die 247 Anlagen der GK 5 die entsprechende Kostenauswirkung pro m<sup>3</sup> bezogen auf den Gebührenmaßstab quantifizieren. So sind für die 247 Anlagen der GK 5 die Höhe der gebührenrelevanten Gesamtjahreskosten des Betreibers, die Höhe der Abwasserabgabe insgesamt und der (anlagenspezifische) Anteil an Fremd- und Niederschlagswasser sowie von Gewerbe und Industrie an der Jahresabwassermenge unbekannt. Die Abwasserbehandlung macht ferner nur einen Teil der Gesamtkosten aus. Gebührenrelevante Kapitalkosten werden bei gleicher Investitionshöhe betreiberabhängig in unterschiedlicher Höhe gebührenwirksam. Dementsprechend spiegeln sich die Kostensteigerungen pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge in unterschiedlicher Höhe im Entgelt wieder. Dies verdeutlichen auch Beispielrechnungen des Ruhrverbandes (vgl. Tabelle 21). Aus den dargestellten Abschätzungen der Tabelle 19 und den konkreten Beispielrechnungen der Tabelle 21 wird die Größenordnung des Einflusses der Einführung der vierten Reinigungsstufe auf die Abwasserentgelte deutlich. Die Beispielrechnungen mit Förderungen (B) der Tabelle 20 beziehen sich auf eine

Investitionsförderung von 70 %; die optimierten Betrachtungen (C) auf die Berücksichtigung möglicher Optimierungen in Bau und Betrieb und eine Förderung von 60 %.<sup>240</sup>

Tabelle 20: Spezifische Kostensteigerung in Euro durch Einführung einer vierten Reinigungsstufe unter Nutzung der PAK-Adsorption (Szenario I), der Ozonung (Szenario II) oder beider Technologien im Verhältnis 50 : 50 (Szenario III) – Beispielrechnung

Technologie-Szenario	Mio. €									€/m <sup>3</sup>					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Szenario I (100 % PAK)	492	71	421	319	248	173	43	362	291	0,11	0,10	0,08	0,07	0,11	0,08
Szenario II (100 % Ozon)	362	12	350	229	217	133	33	262	250	0,08	0,08	0,06	0,06	0,08	0,06
Szenario III (50 : 50 PAK : Ozon)	427	42	386	274	233	153	38	312	271	0,10	0,09	0,07	0,06	0,10	0,07

- 1 = zusätzliche Gesamtjahreskosten durch die vierte Reinigungsstufe für alle Anlagen der GK 5
- 2 = **Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung (CSB, P<sub>ges</sub>), de lege lata**, mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG, ohne Verrechnung, gemäß Tabelle 16
- 3 = zusätzliche Gesamtjahreskosten nach Abzug der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, *de lege lata*, mit Ermäßigung nach § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG, ohne Verrechnung
- 4 = **zusätzliche jährliche Betriebskosten durch die vierte Reinigungsstufe**, ohne Berücksichtigung der reduzierten Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, gemäß Tabelle 6
- 5 = zusätzliche jährliche Betriebskosten, mit Berücksichtigung der reduzierten Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung
- 6 = zusätzliche jährliche Kapitalkosten durch die vierte Reinigungsstufe, ohne Zuschuss, gemäß Tabelle 18
- 7 = zusätzliche jährliche Kapitalkosten durch die vierte Reinigungsstufe, mit Zuschuss von 75 % der Kapitalkosten, Tabelle 18
- 8 = reduzierte zusätzliche Gesamtjahreskosten, mit Bezuschussung von 75 % der Kapitalkosten, ohne Berücksichtigung der reduzierten Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung
- 9 = reduzierte zusätzliche Gesamtjahreskosten, mit Bezuschussung von 75 % der Kapitalkosten, mit Berücksichtigung der reduzierten Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung
- 10 = Erhöhung der Kosten (Gesamtjahreskosten) pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge (4,4 Mrd. m<sup>3</sup>), Status quo, ohne Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, ohne Zuschuss
- 11 = Erhöhung der Kosten (Gesamtjahreskosten) pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge (4,4 Mrd. m<sup>3</sup>), *de lege lata*, mit Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, ohne Zuschuss
- 12 = Erhöhung der Kosten pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge (4,4 Mrd. m<sup>3</sup>), *de lege lata*, ohne Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, mit Zuschuss
- 13 = Erhöhung der Kosten pro m<sup>3</sup> Jahresabwassermenge (4,4 Mrd. m<sup>3</sup>), *de lege lata*, mit Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung, mit Zuschuss
- 14 = Lenkungsszenario, Annahme: Die zusätzlichen Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe und die Berücksichtigung der Reduzierung der Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung entsprechen der derzeitigen Höhe der Schmutzwasserabgabe (vgl. Abbildung 11) und damit der Höhe der Reduzierung der Abwasserabgabe nach Lenkungsszenario durch Messlösung um 50 %. Damit würde die doppelte der derzeit zu zahlenden Schmutzwasserabgabe entgeltrelevant. Zusätzlich wären die gesamten Kapitalkosten resultierend aus der Investition der vierten Reinigungsstufe zu tragen.
- 15 = wie 14, Bezuschussung der zusätzlichen Kapitalkosten der vierten Reinigungsstufe mit 75 %

Eigene Darstellung

<sup>240</sup> Vgl. hierzu *Grünebaum et al.* (2014), S. 882 f.

Tabelle 21: Beispielrechnungen des Ruhrverbandes zum Kosteneinfluss der vierten Reinigungsstufe

Ergebnisse der Kostenbetrachtung (brutto)										
	Kläranlage Bad Sassendorf Ozonung bei einer spezifischen Dosierung von $Z_{spez} = 0,3 \text{ mg O}_3/\text{mg DOC}$			Kläranlage Duisburg-Vierlinden Ozonung bei einer spezifischen Dosierung von $Z_{spez} = 0,5 \text{ mg O}_3/\text{mg DOC}$			Kläranlage Schwerte „dynamische Rezirkulation“ bei einer Zugabe von 10 mg/l PAK in den Rezirkulationsstrom			
	A. Gesamt ohne Inv.- Fördermenge	B. Gesamt mit Inv.- Fördermenge	C. Optimierte Betrachtung	A. Gesamt ohne Inv.- Fördermenge	B. Gesamt mit Inv.- Fördermenge	C. Optimierte Betrachtung	A. Gesamt ohne Inv.- Fördermenge	B. Gesamt mit Inv.- Fördermenge	C. Optimierte Betrachtung	
bezogen auf Einwohnerzahl	€/E-a	13,32	9,10	9,69	9,93	5,74	5,93	17,44	12,68	10,18
bezogen auf Jahresabwassermenge	€/m <sup>3</sup>	0,080	0,055	0,058	0,152	0,088	0,091	0,134	0,098	0,078
bezogen auf Jahresschmutzwassermenge	€/m <sup>3</sup>	0,099	0,068	0,072	0,208	0,120	0,124	0,180	0,131	0,105
bezogen auf Gebührenmaßstab	€/m <sup>3</sup>	0,266	0,182	0,194	0,201	0,116	0,120	0,349	0,254	0,204

Grünebaum et al. (2014), S. 882

Gemäß Tabelle 18 machen die jährlichen Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe einen Anteil von ca. 64 % der Gesamtjahreskosten der vierten Reinigungsstufe aus. Die verbleibenden 36 % (= Kapitalkosten) wären vollständig auf das Abwasserentgelt umzulegen, sollen jedoch zu 75 % bezuschusst werden. Bezogen auf die Abschätzungen gemäß Tabelle 18 würden ohne eine Bezuschussung Kapitalkosten in einer Größenordnung von ca. 56 % der jährlichen Betriebskosten der vierten Reinigungsstufe anfallen und auf das Abwasserentgelt umzulegen sein. Bei einer Bezuschussung von 75 % der Kapitalkosten der vierten Reinigungsstufe würden Kapitalkosten in Höhe von ca. 14 % der Betriebskosten entgeltrelevant. Eine Bezuschussung von 75 % der Kapitalkosten würde damit (bezogen auf die stark vereinfachte, beispielhaft durchgeführte Kostenabschätzung gemäß Kapitel 3.2) die durch die vierte Reinigungsstufe implizierten Mehrkosten um durchschnittlich (ohne Berücksichtigung sonstiger Effekte wie reduzierte Abwasserabgabe durch verbesserte Eliminationsleistung) ca. 26 % verringern (vgl. Tabelle 19).

Die in Tabelle 20 zusammengefassten Beispielrechnungen des Ruhrverbandes für drei einzelne Kläranlagen beziffern vor diesem Hintergrund die Größenordnung des Einflusses der Einführung der vierten Reinigungsstufe auf die Abwasserentgelte für Maßnahmen-Kläranlagen zwischen 0,11 und 0,25 €/m<sup>3</sup>.<sup>241</sup> Diese Beispielrechnungen beziehen sich auf eine Investitionsförderung von 60–70 %, können aber naturgemäß nur exemplarisch die zu erwartende Mehr-Belastung für Gebührenzahler im Bereich der Maßnahmenträger andeuten.

Alle übrigen Gebührenzahler, die Nutzer von maßnahmefreien Abwasserbehandlungsanlagen sind, wären ohnehin nur von möglichen Veränderungen der Abwasserabgabenzahllast *de lege ferenda* betroffen, da hier gerade keine Maßnahmen zur MV-Elimination ergriffen würden. Bisher jedenfalls macht aber die Zahllast der Abwasserabgabe für kommunale Direkteinleiter über einen längeren Zeitraum recht konstant gerade einmal 3–5 % der gebührenfähigen

<sup>241</sup> Siehe Grünebaum et al. (2014), S. 882.

Kosten der Abwasserentsorgung aus.<sup>242</sup> Diese Werte dürften zwar durch extensive Nutzung von Verrechnungstatbeständen nach unten verzerrt sein; dennoch zeigen auch sie, dass eine entsprechende Mehrbelastung durch höhere Zahllasten der Abwasserabgabe durchaus keine unvermeidbaren Zumutungen für die Gebührenzahler außerhalb der Maßnahmen-Kläranlagen bereithalten dürfte.

Im Übrigen muss darauf hingewiesen werden, dass die Implementation einer vierten Reinigungsstufe in jedem Falle finanziert werden muss. Gilt diese Entscheidung nämlich einmal als gesetzt, fragt sich ökonomisch nur noch, wie diese Finanzierung sachgerecht organisiert werden kann. Die beschriebenen „Mehrbelastungen“ für Abgabepflichtige und Gebührenzahler sind dann mit alternativen „Mehrbelastungen“ anderer Finanzierungsmodelle (etwa Steuererhöhungen) zu vergleichen, nicht aber mit dem *Status quo* ohne die Maßnahmen.

---

<sup>242</sup> Siehe die Daten bei BGW / ATV-DVWK (2003), S. 3, und bei ATT / BDEW u. a. (2011), S. 26.

## 7. Zusammenfassung und abschließende Empfehlungen

1. Die Abwasserabgabe kann einen **sinnvollen Beitrag** zu einer selektiven Implementation der vierten Reinigungsstufe leisten. Sie sollte **zu diesem Zweck freilich gezielt fortentwickelt** werden. Hierfür bieten sich die in der Studie *Gawel et al.* (2014) entwickelten Reformszenarien der „Lenkungsertüchtigung“ an.

2. Zum Zwecke der Unterstützung der Implementation der vierten Reinigungsstufe könnte die Abwasserabgabe grundsätzlich entweder unmittelbar eigenständige Reinigungsanreize ausbringen (**Lenkungsfunktion**), eine ggf. einzuführende wasserrechtliche Anforderung in Bezug auf Mikroverunreinigungen im Vollzug unterstützen (**Vollzugshilfe**) oder aber einen **Finanzierungsbeitrag** leisten, und zwar entweder bereits bei der **Zahllast** (Schonung beim Kaufkraftentzug) oder aber bei der anschließenden **Mittelverwendung**.

3. Dabei wird man erwarten müssen, dass eine Gesamtlösung verschiedenen Anforderungen gerecht wird. Diese sollte **effektiv** sein, d. h. in Bezug auf Mikroverunreinigungen einen spürbaren Beitrag zum Gewässerschutz leisten bzw. diesen nicht in Frage stellen oder gar konterkarieren (Gewässerschutzbelang). Ferner wird man fordern dürfen, dass die gefundene Lösung **kosteneffizient** ist, also nach Möglichkeit minimale volkswirtschaftliche Kosten bei gegebenem Gewässerschutzbeitrag einschließlich sog. Transaktionskosten (Vollzugsaufwand) verursacht. Ferner muss die Lösung hinsichtlich der **Belastungsverteilung** zwischen den (Verursacher-)Gruppen und auch mit Blick auf die konkrete **Belastungshöhe** (Stichwort Zumutbarkeit) **politisch akzeptabel** sein. Zudem sollten **keine Kollateralschäden für das Wirkungsgefüge der Abwasserabgabe** eintreten; die Abwasserabgabe sollte also auch künftig in der Lage sein, die ihr ansonsten zugedachten Zwecke zu erfüllen. Dazu gehören sowohl Lenkungs- als auch Finanzierungszwecke in Bezug auf andere Problemfelder des Gewässerschutzes als Mikroverunreinigungen. Zudem ist die **Robustheit** eines Wirkungsbeitrages zur Lösung der Problematik von Mikroverunreinigungen von Bedeutung, d. h. seine Abhängigkeit vom regulatorischen Umfeld, z. B. von der Existenz ordnungsrechtlicher Anforderungen. Schließlich sollte sich die Lösung als vereinbar mit den **unionsrechtlichen Anforderungen aus Art. 9 WRRL** erweisen.

4. Unter Verwendung dieser Kriterien hat die Analyse ergeben, dass eigenständige Anreize in Bezug auf Mikroverunreinigungen im Rahmen des AbwAG entweder praktisch kaum implementierbar oder im Umfang zu schwach sind bzw. dass sie von negativen Begleiterscheinungen mit Blick auf die Lenkungsfunktion gegenüber anderen Schadparametern oder gar dem Wesenskern einer Lenkungsabgabe und dem unionsrechtlichen Prinzip der Kostendeckung geprägt wären. **Aus diesen Gründen scheiden eine Erweiterung des Parameterkataloges nach § 3 AbwAG, eine Prämierung durch Halbierung des Abgabesatzes analog § 9 Abs. 5 und 6 AbwAG oder die Inanspruchnahme oder gar Ausweitung von Verrechnungstatbeständen nach § 10 Abs. 3 AbwAG aus.** Dies gilt ebenso für die Heranziehung dieser instrumentellen Optionen zur Unterstützung einer eventuellen ordnungsrechtlichen Basis-Verpflichtung.

5. Insgesamt weist eine aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe gespeiste Förderpolitik mit Selbstbehalt unter Berücksichtigung des Selbstfinanzierungseffektes die beste instrumentelle Kosten-Nutzen-Relation auf. Sie wäre zu flankieren durch eine Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe mit Aufkommenserhöhung, um andere Finanzierungszwecke aus dem Aufkommen einerseits und den eigentlichen Lenkungszweck der Abgabe andererseits nicht zu gefährden und die nötigen Mittel bereitzustellen. Die Abwasserabgabe wird insgesamt lenkungspolitisch ertüchtigt und erbringt dadurch ein höheres Aufkommen, das für eine Förderung eingesetzt werden kann. Das Zusatzaufkommen stockt sodann den Lenkungseffekt

gezielt im Bereich der vierten Reinigungsstufe auf. Dies entspricht dem ursprünglichen „Aufstockungsmodell“ des SRU (1974).

6. Aus Effizienz- und Belastungsverteilungsgründen kommt stets nur eine **Förderregelung mit Selbstbehalt** in Betracht (wie in der Schweiz), d. h. der Betreiber wird nicht von allen Kosten freigestellt, sondern spürt noch eine relevante Last, die ihn selbst noch zu kostenminimaler Zielerreichung anhält. Die Notwendigkeit eines Selbstbehaltes ergibt sich aber nicht nur aus den **betriebswirtschaftlichen Kosteneffizienzanforderungen** für Eliminationsmaßnahmen, sie lässt sich auch aus den **konkurrierenden (Finanzierungs-)Zwecken** der Abwasserabgabe herleiten: Denn je mehr (begrenzte) Mittel der Abwasserabgabe dem Zweck der MV-Elimination zugeführt werden müssen, desto weniger stehen für andere wichtige Zwecke des Gewässerschutzes, etwa den Maßnahmenprogrammen nach der WRRL, zur Verfügung. Auch hier gebietet das Effizienzprinzip eine Beschränkung des Entlastungsvolumens. Ein drittes Argument ergibt sich aus **Art. 9 WRRL**, wo für Abwasserentsorgungsdienste der Grundsatz der Kostendeckung statuiert wird: Jede Ermäßigung der Refinanzierungslast über Gebühren stellt eine Verschönungssubvention dar, die zwar unionsrechtlich nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL als Ausnahme von der Regel gerechtfertigt werden könnte, aber dieser Rechtfertigung auch zunächst einmal bedarf.

7. Es wird analog zur Regelung in der Schweiz ein **Selbstbehalt in Höhe von 25 % der Investitionskosten** vorgeschlagen. Bei den **Betriebskosten** wird von einem begrenzten **Selbstfinanzierungseffekt** ausgegangen. Dieser ergibt sich in begrenztem Umfang durch eine Schädlichkeitsminderung des Abwassers im Sinne des § 3 AbwAG als Folge einer vierten Reinigungsstufe.

8. Die durch das Gesamtmodell eintretende **Lastverteilung** ist **konzeptionell begründbar** und auch **zumutbar**.

9. Zunächst ist zu berücksichtigen, dass alle durchgeführten Maßnahmen einer MV-Elimination grundsätzlich **in vollem Umfang gebührenfähig** sind. Die dafür anfallenden Aufwendungen sind uneingeschränkt ansatzfähige Kosten im Sinne des Kommunalabgabenrechts (z. B. nach § 6 Abs. 2 Satz 1 KAG NRW) und damit von den NutzerInnen der jeweiligen Abwasserbehandlungsanlage zu tragen. Die Einrichtungsträger wären also nicht gehindert, die entsprechenden Kosten auf die NutzerInnen der Abwasserbeseitigungseinrichtungen umzulegen. Dies entspräche im Übrigen auch dem Kostendeckungsgrundsatz für Wasserdienstleistungen aus Art. 9 Abs. 1 WRRL. Der Hinweis auf „hohe Kosten“ einer vierten Reinigungsstufe ist deshalb – soweit nicht die volkswirtschaftliche Effizienz der vierten Reinigungsstufe insgesamt in Frage gestellt wird – im Wesentlichen ein Hinweis auf die *politischen Kosten einer Gebührenerhöhung*. Die Finanzierung der vierten Reinigungsstufe, soweit angeordnet oder freiwillig durchgeführt, kann daher ohne weiteres durch Regel-Refinanzierung über Entgelte erfolgen. Eine **Lastminderung durch Bezuschussung verstößt insoweit sogar gegen den Grundsatz der Kostendeckung aus Art. 9 Abs. 1 UAbs. 1 und 2 WRRL**.

10. Allerdings könnte die (sehr ungleiche) Verteilungswirkung einer volkswirtschaftlich effizienten Teillösung (wenige Kläranlagen reinigen unter hohem Aufwand, aber relativ am günstigsten, stellvertretend für viele) Veranlassung zu einer **Ausnahme nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL** geben. Danach können die Mitgliedstaaten „dabei“, also bei der Erfüllung ihrer Pflichten aus UAbs. 1 und 2, insbesondere „den sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Kostendeckung“ „Rechnung tragen“. Vorliegend kommt eine Abweichung vom Kostendeckungsgrundsatz aufgrund der „wirtschaftlichen“ und „sozialen Auswirkungen“ in Betracht, die eine volle Kostendeckung über Entgelte mit sich bringen würde. Aus

volkswirtschaftlichen Effizienzgründen erfolgt die MV-Elimination vorrangig im Abwassersektor und hier wiederum nur bei ausgewählten Großkläranlagen. Das bedeutet, dass aus allokativen Gründen die Lasten für ein allgemeines Problem selektiv zugewiesen werden (Ansatz der *cheapest-cost avoider*). Die davon Betroffenen erbringen mithin ein „Effizienzopfer“ für die Allgemeinheit, indem sie zur Minderung der MV-Belastung insgesamt beitragen, aber alleine die Minderungskosten übernehmen müssen. Zur Finanzierung dieses öffentlichen Gutes (Minderung der MV-Belastung der Gewässer) könnten daher in angemessener Form auch diejenigen herangezogen werden, die zwar ebenfalls Verursachungsbeiträge zum Gewässergüteproblem leisten, aber aus volkswirtschaftlichen Effizienzgründen dennoch maßnahmefrei bleiben. Dies würde es rechtfertigen, nicht die volle Kostenlast durch die NutzerInnen derjenigen Kläranlagen refinanzieren zu lassen, die Maßnahmen ergreifen, sondern einen Teil der Mehrbelastung gebührenmindernd auf andere Nutznießer zu verlagern (Nutznießerprinzip). Dazu könnte gerade die Abwasserabgabe mit ihrem Mittelaufkommen beitragen, das von allen Direkteinleitern aufgebracht wird und damit auch jene NutzerInnen zur Finanzierung heranziehen würde, deren Abwasserbeseitigungsanlage, an deren Netz sie angeschlossen sind, keine spezifischen Maßnahmen der MV-Elimination vornimmt. Es ergäbe sich eine **partielle Solidarfinanzierung** der abwassereinleitenden VerursacherInnen für die aus Effizienzgründen ausgewählten Groß-Anlagen.

11. Diese Überlegung würde es zugleich legitimieren können, dass ggf. die Belastung aus der Abwasserabgabe insgesamt für alle Einleiter anzuheben ist, um den beschriebenen **Ausgleich dieses „Effizienzopfers“** der Wenigen für die Vielen zu finanzieren, ohne zugleich die übrigen Finanzierungszwecke der Abwasserabgabe über Gebühr zu beeinträchtigen. **Ein angemessener Selbstbehalt für die jeweiligen Maßnahmenträger wäre aber in jedem Falle aus Gebühren vertretbar zu refinanzieren.** Die dadurch eintretende Gebührensубventionierung kann nach Art. 9 Abs. 1 UAbs. 3 WRRL gerechtfertigt werden. Den Selbstbehalt tragen dann die GebührenzahlerInnen der reinigenden Kläranlage, die übrigen Kosten alle GebührenzahlerInnen gleichmäßig (Ausgleich des „Effizienzopfers“).

12. Die Konstruktion ähnelt dem **Schweizer Modell**, unterscheidet sich aber auch von diesem. Gleichartig ist die **Förderkomponente**, unterschiedlich hingegen die **Mittelbeschaffung**. Das „partielle Solidarprinzip“ wird auch in der Schweiz angewendet: Auch dort erfolgt eine volkswirtschaftlich effiziente Reinigung nur durch „wenige“, eine Lastverteilung aber auf „viele“, die aber ebenfalls in einem Verursacherzusammenhang stehen. Ebenfalls wird ein 25%iger Selbstbehalt realisiert. Die beim AbwAG durch Ertüchtigung der Abgabe zu mobilisierenden zusätzlichen Mittel (Zusatzaufkommen) entsprechen dann dem Fördertopf des Schweizer Modells. Zugleich geht aber die deutsche Abwasserabgabe als kombinierte Wirkungszweck-/Verwendungszweckabgabe weiterhin konform mit dem Lenkungsanspruch ökonomisch effizienter Vorsorge bei der Abwasserbehandlung, ist also kein reines Solidarmodell der Refinanzierung, sondern ein kombiniertes „Aufstockungsmodell“ im Sinne des SRU (1974). Die Mittelbeschaffung bleibt daher an den Lenkungsanspruch gebunden.

13. Will man die **Abwasserabgabe ohne eine ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung**, also ohne eine entsprechende Änderung der Abwasserverordnung, für Zwecke der MV-Elimination einsetzen, so ergeben sich folgende Fallgestaltungen:

- Die vollständige Einführung einer vierten Reinigungsstufe in großen Kläranlagen würde im Wesentlichen eine Vollfinanzierung voraussetzen – entweder über eine ineffiziente 100%-Förderung durch die Abwasserabgabe oder aber im Wege ergänzender Bezuschussungen aus anderen Quellen, z. B. Landesmitteln.

- Kommt es hingegen auch nicht zu einer (ineffizienten) Vollfinanzierung, so dürfte eine vollständige Umsetzung dieser Maßnahme nicht erreicht werden, da die Maßnahmen insoweit auf Pilotvorhaben bzw. jene Träger begrenzt blieben, die bereit wären, die Maßnahmen freiwillig durchzuführen und gleichzeitig über kostendeckende Gebühren zu refinanzieren.

Insgesamt ergibt sich ein Trade-off aus drei Elementen: ordnungsrechtliche Basis-Verpflichtung, Ineffizienz durch Vollfinanzierung oder Zielverfehlung. Wird die Implementation durch das Wasserordnungsrecht *nicht* verbindlich gemacht, bleibt nur die Wahl zwischen Hinnahme von Zielverfehlungen bei der in der Summe zu erwartenden MV-Eliminationsleistung oder einer in vielfältiger Hinsicht ineffizienten Vollfinanzierung. Die Abwasserabgabe kann daher letztlich in jedem Szenario nur flankierend wirken.

14. Allerdings ist die Unterstützung der MV-Elimination über die Aufkommensverwendung auch nicht frei von **Nachteilen**:

- Es stellt sich die Frage, inwieweit das von der Abwasserabgabe bereitgestellte Mittelaufkommen volumenmäßig überhaupt ausreichen kann, um den absehbaren Zuschussbedarf zu befriedigen (vgl. Abschnitt 6.4).
- Dies gilt insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass diese Mittel auch bisher nach § 13 AbwAG zweckgebunden Gewässerschutzmaßnahmen zugeführt wurden. Der neue Zweck der Förderung der vierten Reinigungsstufe träte damit in Konkurrenz zu den bisherigen, vielfältigen Verwendungszwecken (Verdrängung von Finanzierungszwecken), für die wiederum andere Finanzierungsquellen mobilisiert werden müssten.
- Es könnten sich verzerrende Effekte zwischen den Ländern einstellen, je nachdem, wie hoch die Dichte an Groß-Kläranlagen ist: Müssen zahlreiche Kläranlagen der GK 5, die einen hohen Anteil an allen Abwasserbehandlungsanlagen des Landes ausmachen, mit einer vierten Reinigungsstufe nachgerüstet werden, so werden die Abgabemittel stark angespannt. Entsprechend wenige Restmittel verbleiben für die bislang aus dem Aufkommen finanzierten Zwecke. Dies könnte zu erheblichen Unwuchten zwischen den Ländern beitragen. Allerdings sind diese Unwuchten bereits durch die Auswahlregel für *cheapest-cost avoider*, d. h. Groß-Kläranlagen, bedingt und bestehen insoweit völlig unabhängig von der konkret gewählten Finanzierungslösung.

15. Diese Überlegungen könnten eine entsprechende, **gezielte Erhöhung des Aufkommens aus der Abwasserabgabe sinnvoll** erscheinen lassen. Hierfür kommen vorzugsweise Änderungen im Regelwerk der Abwasserabgabe in Betracht, die gleichzeitig ihren Wesenskern als ökonomischen Hebel zur effizienten Vorsorge im Gewässerschutz für eine breite Palette an Schadparametern nicht antasten bzw. sogar stärken. Insoweit kann hier auf die Empfehlungen von *Gawel et al.* (2014) zur „Lenkungsertüchtigung“ der Abwasserabgabe zurückgegriffen werden. **Eine Teil-Finanzierung von Maßnahmen zur Implementierung der vierten Reinigungsstufe aus dem Aufkommen der Abwasserabgabe bei gleichzeitiger Erhöhung dieses Aufkommens aufgrund einer lenkungsorientierten Ertüchtigung der Abgabenkonstruktion würde beiden Zielstellungen (Lenkung und Finanzierung) gleichermaßen gerecht. Zugleich würde eine unangemessene Verdrängung („Kannibalisierung“) von Finanzierungszwecken, die aus dem Aufkommen der Abgabe zu bestreiten sind, eingedämmt.**

16. Die von dieser Lösung ausgehende nominelle **Mehrbelastung** der Abgabepflichtigen (und der GebührenzahlerInnen) dürfte **insgesamt auch vertretbar** sein, auch wenn aufgrund der wenigen vorliegenden konkreten Daten zu erwarten steht, dass die vierte Reinigungsstufe an

damit ausgerüsteten Anlagen zu höheren Betriebskosten führt, als an Anlagen ohne diese Stufe. Diese höheren Betriebskosten sind nur zu einem geringen Teil durch eine geringere Abwasserabgabe als Folge der zusätzlichen Reinigungswirkungen zu kompensieren. Es verblieben zusätzliche Kosten in der Größenordnung der mit der im Zuge des Reformszenarios „Lenkungsertüchtigung“ eingeführten Messlösung erzielbaren Einsparungen, die von Betreibern einer vierten Reinigungsstufe zu tragen wären.

17. Zunächst hat die Realisierung der vierten Reinigungsstufe unabwendbar **volkswirtschaftliche Lasten** zur Folge, die aber annahmegemäß von den gesellschaftlichen Nutzen mehr als aufgewogen werden. Zu diesen Nutzen zählen die vermiedenen Umwelt- und Ressourcenkosten, die dadurch auftreten, dass Mikroverunreinigungen in Gewässer eingeleitet werden und dort zu Umwelt- und Gesundheitsbelastungen führen. Die **Lasten einer angemessenen MV-Eliminationspolitik** müssen in irgendeiner Form in jedem Falle verteilt werden. Eine Heranziehung des Abwassersektors ist dabei auch unter Verursachergesichtspunkten nicht unangemessen (vgl. Abschnitt 2). Innerhalb des Abwassersektors fände aber nunmehr im Rahmen des hier entwickelten Modells zur Finanzierung der vierten Reinigungsstufe partiell eine **Lastenteilung** statt: Diese würde organisiert über die 75%-Zuschussregel, den Selbstbehalt der Maßnahmenträger, den Selbstfinanzierungseffekt der Abwasserabgabe und über die strukturelle Anhebung der Abwasserabgaben-Zahllast zur Mobilisierung zusätzlicher Mittel.

18. Es wurde bereits in der Studie *Gawel et al. (2014)* darauf hingewiesen, dass selbst bei einer Verdoppelung des gegenwärtigen nominellen Abgabeaufkommens von rund 300 Mio. Euro jährlich lediglich 80 % der realen Kaufkraftentzugswirkungen der Abwasserabgabe im Jahre 1994 realisiert würden.<sup>243</sup> Dies ändert zwar nichts an einer (auch sprunghaften) nominellen Mehrbelastung als Folge einer Lenkungsertüchtigung eines reformierten AbwAG. Es zeigt aber deutlich, dass jedenfalls **von einer unverhältnismäßigen oder unververtretbaren Belastung keine Rede** sein könnte, denn sie würde nicht einmal das reale Niveau der Abgaben-Zahllast von Mitte der 1990er Jahre erreichen.

19. Was die **Belastung der GebührenzahlerInnen** angeht, so macht die Zahllast der Abwasserabgabe für kommunale Direkteinleiter über einen längeren Zeitraum recht konstant gerade einmal 3-5 % der gebührenfähigen Kosten der Abwasserbeseitigung aus.<sup>244</sup> Diese Werte dürften zwar durch die extensive Nutzung von Verrechnungstatbeständen nach unten verzerrt sein; dennoch zeigen auch sie, dass eine entsprechende Mehrbelastung durch höhere Zahllasten der Abwasserabgabe durchaus keine unververtretbaren Zumutungen bereithalten dürfte. Eine konservative Schätzung dazu wurde in Abschnitt 6.4 vorgenommen.

20. Es muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass **die Implementation einer vierten Reinigungsstufe in jedem Falle finanziert werden muss**. Gilt diese Entscheidung nämlich einmal als gesetzt, fragt sich ökonomisch nur noch, wie diese Finanzierung sachgerecht organisiert werden kann. Die beschriebenen „Mehrbelastungen“ für Abgabepflichtige und GebührenzahlerInnen sind dann mit alternativen „Mehrbelastungen“ anderer Finanzierungsmodelle (etwa Steuererhöhungen) zu vergleichen, nicht aber mit dem Status quo.

21. Es wird daher insgesamt vorgeschlagen, **75 % der jährlichen Investitionskosten** (Abschreibungen, Zinsen) für einen Zeitraum von 15 Jahren bei Kläranlagen der GK 5 zu bezuschussen. **Der zusätzliche Mittelbedarf für die Investitionskosten wird durch ein**

---

<sup>243</sup> *Gawel et al. (2014)*, S. 376.

<sup>244</sup> Siehe die Daten bei BGW/ATV-DVWK (2003), S. 3; ATT et al. (2011), S. 26.

**Mehraufkommen als Folge einer Lenkungsertüchtigung der Abwasserabgabe organisiert.**

Die verbleibenden 25 % der jährlichen Investitionskosten verbleiben beim Betreiber und werden über Abwasserentgelte refinanziert. Dies entspricht einem angemessenen **Selbstbehalt**, der auch in der Schweiz realisiert wurde. Bei den dauerhaften **Betriebskosten** wird von einer teilweisen Selbstfinanzierung durch Minderung der Zahllast ausgegangen. Es verbleibt aber eine höhere Belastung aus Betriebskosten bei den Betreibern einer vierten Reinigungsstufe. Mögliche Einsparungen bei den Betreibern durch eine geringere Abwasserabgabe bei Einführung einer Messlösung würden durch die zusätzlichen Betriebskosten voraussichtlich aufgezehrt.

22. Eine Bezuschussung in Höhe von 75 % der Investitionskosten für die vierte Reinigungsstufe auf allen Kläranlagen der GK 5 würde ca. 115 Mio. Euro (Szenario III) jährlich über einen Zeitraum von 15 Jahren erfordern (**jährlicher Zuschussbedarf**). Dies würde ca. 37 % des gegenwärtigen Aufkommens der Abwasserabgabe (rund 300 Mio. Euro pro Jahr<sup>245</sup>) binden und in entsprechendem Umfang andere Finanzierungszwecke, die bislang aus dem Aufkommen gespeist wurden, verdrängen. Um diesen **Verdrängungseffekt** zu begrenzen, wäre eine Anhebung des Aufkommens der Abwasserabgabe in Betracht zu ziehen, welche mit der besonderen Lenkungswirkung der Abgabe vereinbar ist (vgl. Ziff. 15). Hierzu kann auf die Vorschläge zu einem Reformszenario der „Lenkungsertüchtigung“ der Abwasserabgabe bei *Gawel et al.* (2014) zurückgegriffen werden. Zudem muss die gefundene Gesamtlösung von ihrer Belastungswirkung her vertretbar sein.

23. Die voraussichtlichen Auswirkungen auf die **Abwassergebührensätze** ergeben sich aus vier z. T. gegenläufigen Effekten:

- Erhöhung der ansatzfähigen und über Gebühren umzulegenden Kosten durch die jährlichen Kapitalkosten (Abschreibungen, Zinsen) sowie die Betriebskosten der Maßnahmen zur Implementation der vierten Reinigungsstufe,
- Minderung der Kosten durch Bezuschussung der Kapitalkosten in Höhe von 75 %,
- Minderung der Kosten durch rückläufige Zahllast der Abwasserabgabe als Folge verbesserter Reinigungsleistung,
- Erhöhung der Kosten durch Anhebung der Zahllast einer reformierten (lenkungsertüchtigten) Abwasserabgabe.

Die NutzerInnen von Anlagen *ohne* Maßnahmen zur MV-Elimination wären nur durch den letzten Punkt betroffen. Sie wären mithin nur von möglichen Veränderungen der Abwasserabgabenzahllast *de lege ferenda* betroffen, da hier gar keine Maßnahmen zur MV-Elimination ergriffen würden. Bisher macht aber die Zahllast der Abwasserabgabe für kommunale Direkteinleiter über einen längeren Zeitraum recht konstant gerade einmal 3–5 % der gebührenfähigen Kosten der Abwasserbeseitigung aus.

Für alle anderen Gebührenzahler, die Nutzer einer Kläranlage *mit* MV-Elimination sind, machen sich hingegen *alle* vier zuvor genannten Punkte bei der Gebührenhöhe bemerkbar. Der Netto-Effekt dieser Einzel-Einflüsse ist naturgemäß nur grob abzuschätzen. Beispielrechnungen des Ruhrverbandes für drei Kläranlagen beziffern vor diesem Hintergrund die Größenordnung des Einflusses der Einführung der vierten Reinigungsstufe auf die Abwasserentgelte für Maßnahmen-Kläranlagen zwischen 0,11 und 0,25 €/cbm (Abschnitt 6.4.2). Diese Beispielrechnungen beziehen sich bereits auf eine Investitionsförderung von 60–70 %,

---

<sup>245</sup> Siehe *Gawel et al.* (2014), S. 375.

können aber naturgemäß nur exemplarisch die zu erwartende Mehr-Belastung für Gebührenzahler im Bereich der Maßnahmenträger andeuten.

Diese ersten Abschätzungen machen deutlich, dass entsprechende Mehrbelastungen jedenfalls keine unververtretbaren Zumutungen für die Gebührenzahler bereithalten dürfte. Nach Art. 9 WRRL sowie nach dem Kommunalabgabenrecht sind diese Belastungen ohnehin vollumfänglich gerechtfertigt.

24. Dass in einer übergreifenden Betrachtung die gesellschaftlichen **Nutzen einer vierten Reinigungsstufe** für ausgewählte Kläranlagen deren Gesamtkosten volkswirtschaftlich übersteigen, muss – mangels genauer Bezifferbarkeit vor allem der Nutzen – politisch argumentiert und vertreten werden (vgl. Abschnitt 2); dies wird im Rahmen dieser Studie vorausgesetzt. Bei einer entsprechenden Begrenzung der Maßnahmen auf große zentrale Abwasserbehandlungs-Anlagen der GK 5 zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit sprechen jedenfalls weder das Verursacherprinzip noch die Existenz anderer Eintragspfade (z. B. diffuse Quellen) oder die absolute Kostenhöhe *a priori* gegen diese grundlegende Annahme. Bei der Diskussion um die „Kosten“ der vierten Reinigungsstufe muss beachtet werden, dass zu den volkswirtschaftlichen Kosten auch die Umwelt- und Ressourcenkosten gehören, die dadurch anfallen, dass in Gewässer ungehindert Mikroschadstoffe eingetragen werden. Nach dem Ansatz des *cheapest-cost avoiders* erscheint ein selektiver Zugriff auf ausgewählte Groß-Kläranlagen zur Adressierung der Problematik von Mikroverunreinigungen auch konzeptionell angemessen. Dass der Umweltstaat schließlich auch ohne wissenschaftlich exakten Nachweis bestimmter Gefahrenpotenziale im Umweltschutzinteresse handelt, entspricht im Übrigen dem **Vorsorgeprinzip**.

25. Für die Funktionalität der Abwasserabgabe ist die **Verzahnung mit den ordnungsrechtlichen Anforderungen** essenziell. Dabei sind von besonderem Interesse allgemeine und flächendeckende Emissions-Anforderungen sowie bewirtschaftungsbezogene Einzelfallentscheidungen.

26. Das Bewirtschaftungsrecht des WHG verpflichtet u. a. dazu, die Gewässer so zu bewirtschaften, dass ein guter Zustand erhalten bzw. erreicht wird (§§ 27, 47 WHG). Da MV in verschiedenen Flusseinzugsgebieten dazu beigetragen haben, dass ein guter Zustand bisher nicht erreicht werden konnte,<sup>246</sup> verpflichtet insoweit auch die flussgebietsbezogene Bewirtschaftungsaufgabe zu Anstrengungen gegen MV. Da durch die wasserrechtlichen Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne kaum Einfluss zu nehmen ist auf andere Politikbereiche, wie z. B. auf die Gefahrstoffproduktspolitik, werden **abwassertechnische Maßnahmen daher voraussichtlich auch auf bewirtschaftungsrechtlicher Grundlage** zukünftig an Bedeutung gewinnen.

27. Auch auf der **europäischen Gesetzgebungsebene** wird mittlerweile über Maßnahmen zur Bewältigung von MV im Bereich von Arzneimittelrückständen in Gewässern nachgedacht. In der Richtlinie 2013/39/EU zur Änderung der sog. „Prioritäre-Stoffe-RL“ (2008/105/EG), die 2013 verabschiedet worden ist, sind spezifische Bestimmungen für bestimmte pharmazeutische Stoffe verankert worden (neuer Art. 8c RL 2008/105/EG), die die Kommission dazu verpflichten, möglichst bis zum 13.09.2015 einen strategischen Ansatz gegen die Verschmutzung von Gewässern durch pharmazeutische Stoffe zu entwickeln und bis zum 14.09.2017 Maßnahmen vorzuschlagen. In diesem Zusammenhang wäre neben Verschärfungen des

---

<sup>246</sup> Siehe dazu nur den Bericht des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen über den Stand der Abwasserbeseitigung in NRW aus dem Jahr 2014, S. 51.

Arzneimittelkontrollsystems (Zulassung und Anwendung) auch die Änderung der RL über kommunale Abwässer zur Einführung einer weiteren Reinigungsstufe eine denkbare Handlungsoption, die gegenüber einer engen, auf Pharmaka bezogenen, Lösung zudem den Vorteil hätte, zugleich dem Gesamtproblem der MV wirksam begegnen zu können.

28. Das deutsche Abwasserrecht stellt freilich auch **bewirtschaftungsunabhängig Anforderungen an die Einleitung von Abwässern in Gewässer**. Die abwasserrechtliche Verpflichtung für Direkteinleiter, eine Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik vorzunehmen, stellt eine gesetzliche Konkretisierung des Vorsorgeprinzips dar. Das deutsche Abwasserrecht geht mit diesem Maßstab über das europäische Recht hinaus, das die BAT/BVT-Verpflichtungen bisher nur auf den Anwendungsbereich der IVU-RL (jetzt: Industrieemissions-RL) bezieht. Die Verpflichtung erstreckt sich nach Maßgabe untergesetzlicher Konkretisierungen grundsätzlich auch auf den Bereich der Mikroverunreinigungen, soweit ein Stand der Technik verfügbar ist.

29. Von einem **Stand der Technik** kann dann gesprochen werden, wenn technische Lösungen „in Versuchs- und Pilotanlagen soweit erprobt sind, dass die Gewähr für einen einwandfreien Betrieb im technischen und großtechnischen Maßstab gegeben ist“<sup>247</sup>. Eine Maßnahme, die in technischer Hinsicht zwar so ausgereift ist, dass ihre praktische Verwendung als gesichert gelten kann, die aber gemessen an ihrem Beitrag zur Gewässer-/Umweltentlastung als exorbitant teuer zu bewerten ist, ist nicht „Stand der Technik“ im Rechtssinne.

30. Eine vollständige **Kosten-Nutzen-Betrachtung von Behandlungstechnologien** für die Eliminierung bzw. Reduktion von Mikroverunreinigungen ist weder rechtlich geboten noch möglich. Sie ist nicht rechtlich geboten, weil Anforderungen nach dem Stand der Technik keine absolute positive Kosten-Nutzen-Bilanz voraussetzen, sondern eine relative, auf die Kostenwirksamkeit des Abwasserbehandlungsverfahrens orientierte Prüfung. Eine vollständige Kosten-Nutzen-Betrachtung wäre auch gar nicht möglich, weil nach dem gegenwärtigen Wissensstand über die Effekte der Mikroverunreinigungen für die Schutzgüter des Wasserrechts noch kein vollständiges Wissen erzielt worden ist. Abwasserbehandlung nach dem Stand der Technik ist vor diesem Hintergrund stets angewandte Vorsorge, deren Kosten lediglich nicht außer Verhältnis zum Behandlungsgewinn stehen dürfen. Die Kostenwirksamkeit verfügbarer Eliminationstechniken dürfte umso eher gegeben sein, je mehr sich der Gesetzgeber in einem ersten Schritt auf die großen Anlagen konzentriert.

31. **Konkrete Anforderungen auf der Basis des Standes der Technik** darf die Bundesregierung als Verordnungsgeber in der Form von Technikvorgaben oder Emissionsvorgaben stellen. Auch prozentuale Reduktionsvorgaben sind ein zulässiges Konkretisierungsmittel. Vor dem Hintergrund der Anforderungen des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes muss beachtet werden, dass eine konkrete Technikvorgabe einen stärkeren Eingriff beinhaltet, als die Festlegung einer Emissionsnorm oder einer Reduktionsquote, weil der Technikbefehl keine Auswahl der Mittel zulässt. Schwierigkeiten bei der Auswahl von Leitparametern für Mikroverunreinigungen und praktische Gründe des Messaufwandes können dazu führen, dass statt mit Emissionsnormen oder mit Reduktionsquoten mit konkreten Technikvorgaben gearbeitet werden muss. Das entspricht dann in aller Regel auch dem Erforderlichkeitsgebot.

32. Die **Überwachungsanforderungen** sind abhängig vom gewählten Konkretisierungskonzept (Technikvorgaben oder Emissionsvorgaben). Bei Technikvorgaben kann im Hinblick auf die Behandlungsleistung bzw. Restverschmutzung mit Vermutungen gearbeitet werden.

---

<sup>247</sup> *Feldhaus* (1981), S. 169.

33. Die **Regelungen zur Abwasserabgabe sind grundsätzlich „stoff- oder anlagenbezogene Regelungen“** im Sinne von Art. 72 Abs. 3 Nr. 5 GG. Zweckbindungsregelungen zur Aufkommensverwendung der Abwasserabgabe sind ein Annex der Sachregelung und gehören deshalb ebenfalls zu den stoff- oder anlagebezogenen Regelungen. Sie sind daher als abweichungsfest anzusehen.

35. Das hier vorgeschlagene **Fördermodell** lässt sich im **Rahmen der Mittelverwendungsregelungen des § 13 AbwAG ohne gesetzliche Änderung** realisieren, da es sich um einen Ausgabezweck zugunsten des Gewässerschutzes handelt. Weitergehende Überlegungen, für die Verwendung des Aufkommens länderübergreifende Verteilungskonzepte vorzusehen, um sicherzustellen, dass die Stadtstaaten mit ihren großen Kläranlagen nicht das gesamte Aufkommen für Investitionen in die vierte Reinigungsstufe benötigen, werfen so vielfältige und schwerwiegende Fragen auf, dass sie im Rahmen dieser Studie nicht mehr bearbeitet werden können, sondern einer besonderen Analyse bedürfen.

## 8. Quellenverzeichnis

### Monographien, Aufsätze und Beiträge

- Abegglen, C. / Escher, B. / Hollender, J. / Koepke, S. / Ort, C. / Peter, A. / Siegrist, H. / von Gunten, U. / Zimmermann, S. / Koch, M. / Niederhauser, P. / Schäfer, M. / Braun, C. / Gälli, R. / Junghans, M. / Brocker, S. / Moser, R. / Rensch, D. (2009): Ozonung von gereinigtem Abwasser, Schlussbericht Pilotversuch Regensdorf, EAWAG, Dübendorf.
- Abegglen, C. / Escher, B. / Hollender, J. / Siegrist, H. / von Gunten, U. / Zimmermann, S. / Häner, A. / Ort, C. / Schäfer, M. (2010): Ozonung von gereinigtem Abwasser zur Elimination von organischen Spurenstoffen. Großtechnischer Pilotversuch Regensdorf (Schweiz), in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 57 (2010), Heft 2, 155-160.
- Abegglen, C. / Siegrist, H. (2012): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern; <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01661/index.html?lang=de> (abgerufen am 20.08.2014).
- Adams, M. (1989): Das „Verursacherprinzip“ als Leerformel, in: JuristenZeitung 44 (1989), Heft 17, 787-789.
- Albrecht, R. J. (2012): Pharmaceuticals in the Environment: Looking to Green Governance for a Remedy, in: Journal of Energy and Environmental Law 182 (2012), 182-203.
- Ammermüller, B. (2014): Fortentwicklung der Abwasserabgabe aus Sicht der kommunalen Abwasserwirtschaft, in: Pinnekamp, J. (Hrsg.): 47. Essener Tagung zur Wasser- und Abfallwirtschaft „Ist unsere Wasserwirtschaft zukunftsfähig?“, Aachen, 7/1-7/7.
- Barjenbruch, M. / Firk, W. / Peter-Fröhlich, A. (2014): Möglichkeiten der Elimination von anthropogenen Spurenstoffen auf kommunalen Kläranlagen, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall 61 (2014), Heft 10, 861-875.
- Basler, E. (2012): Volkswirtschaftliche Beurteilung von Varianten zur Finanzierung der Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser. Ergänzung der bestehenden Beurteilung nach Anpassung des Finanzierungsmodells. Schlussbericht, überarbeitete Fassung vom 5. April 2012; [http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGfH92e2ym162epYbg2c\\_jjKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGfH92e2ym162epYbg2c_jjKbNoKSn6A-) (abgerufen am 26.01.2015).
- Bergmann, S. / Götz, C. W. (2013): Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser – Flächen-deckende Analyse der Gewässerbelastungen und Reduzierungsmöglichkeiten in Nordrhein-Westfalen, in: Korrespondenz Wasserwirtschaft (KW) 6 (2013), Heft 3, 139-144.
- Bernath, K. / von Felten, N. / Bühler, R. (2012): Volkswirtschaftliche Beurteilung von Varianten zur Finanzierung der Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser. Ergänzung der bestehenden Beurteilung nach Anpassung des Finanzierungsmodells, Schlussbericht, überarbeitete Fassung vom 5. April 2012, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt der Schweiz (BAFU), Zollikon/Schweiz.
- BG Ingenieure und Berater AG (2012): Kosten der Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern; [www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGfH5\\_hGym162epYbg2c\\_jjKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGfH5_hGym162epYbg2c_jjKbNoKSn6A-) (abgerufen am 26.01.2015).

- Biebersdorf, N. / Kaub, J. M. (2013): Kläranlage Ochtrup – 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen, Tuttahs & Meyer Ingenieurgesellschaft mbH für die Stadtwerke Ochtrup, Bochum.
- Bixio, D. / de Heyder, B. et al. (2005): Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management, in: Water Science and Technology: Water Supply 5 (2005), Heft 1, 77-85.
- Bode, H. (2012): Ist eine weitere Entfernung von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser angezeigt? Ein Aufruf zur Bedachtsamkeit, in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 59 (2012), Heft 10, 912-913.
- Böhler, M. / Wittmer, A. / Heisele, A. / Wohlhauser, A. / Salhi, L. / von Gunten, U. / Siegrist, H. / McArdell, C. / Longrée, P. / Beck, B. (2012): Ergänzende Untersuchungen zur Elimination von Mikroverunreinigungen auf der Ara Neugut, EAWAG, Dübendorf.
- Böhler, M. / Zwickenpflug, B. / Grassi, M. / Behl, M. / Neuenschwander, S. / Siegrist, H. / Dorusch, F. / Hollender, J. / Sinnet, B. / Ternes, T. / Fink, G. (2011): Aktivkohledosierung in den Zulauf zur Sandfiltration Kläranlage Kloten/Opfikon, Abschlussbericht zum Projekt Strategie Micropoll.
- Breuer, R. (2004): Öffentliches und privates Wasserrecht, 3. Aufl., C.H. Beck, München.
- Bringewski, F. (2013): Wasserwirtschaft in Nordostdeutschland. DWA-Landesverbandstagung Nord-Ost in Stralsund, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 60 (2013), Heft 8, 653-655.
- Bröker, S. (2013): Demografischer Wandel, Mikroverunreinigungen, Energie – Neue Herausforderungen für die Wasserwirtschaft. DWA-Landesverbandstagung Nord, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 60 (2013), Heft 12, 1026-1029.
- Bröker, S. (2014a): Innovation und Ressourcenschutz – eine Branche im Aufbruch. DWA-Landesverbandstagung Baden-Württemberg, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 61 (2014), Heft 2, 100-104.
- Bröker, S. (2014b): KA-Umfrage zu Spurenstoffen zeigt breites Positionsspektrum der Länder, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 61 (2014), Heft 10, 846-850.
- Bu, Q. / Wang, B. / Huang, J. / Deng, S. / Yu, G. (2013): Pharmaceuticals and personal care products in the aquatic environment in China: A review, in: Journal of Hazardous Materials 262 (2013), 189-211.
- Burmeister, K. (1997): Außerbudgetäre Aktivitäten des Bundes, Frankfurt a. M.
- Calabresi, G. (1972): The Costs of Accidents. A Legal and Economic Analysis, 3. Aufl., New Haven/London.
- Coase, R. H. (1960): The Problem of Social Cost, in: Journal of Law and Economics 3 (1960), 1-44.
- Cuevas, G. (2011): From Therapeutic Drugs to Toxic Contaminants: Pharmaceutical Pollution in the Water and Strategies to Regulate Its Impact; <http://www.columbiaenvironmentallaw.org/articles/from-therapeutic-drugs-to-toxic-contaminants-pharmaceutical-pollution-in-the-water-and-strategies-to-regulate-its-impact> (abgerufen am 19.02.2014).
- Cunningham, V. L. / Binks, S. P. / Olson, M. (2009): Human health risk assessment from the presence of human pharmaceuticals in the aquatic environment, in: Regulatory Toxicology and Pharmacology 53 (2009), Heft 1, 39-45.
- Czychowski, M. / Reinhardt, M. (2014): Kommentar zum Wasserhaushaltsgesetz, 11. Aufl., C.H. Beck, München.

- Daughton, C. G. (2004): Non-regulated water contaminants: emerging research, in: Environmental Impact Assessment Review 24 (2004), Heft 7-8, 711-732.
- Daughton, C. G. / Ruhoy, I. S. (2013): Lower-dose prescribing: Minimizing “side effects” of pharmaceuticals on society and the environment, in: Science of the Total Environment 443 (2013), 324-337.
- Demsetz, H. (1974): Toward a Theory of Property Rights, in: Furubotn, E. / Pejovich, S. (Hrsg.): The Economics of Property Rights, Cambridge, 31-42.
- Desens, S. (2008): Wasserpreisgestaltung nach Artikel 9 EG-Wasserrahmenrichtlinie, Berlin.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (2013): Anthropogene Spurenstoffe in Indirekteinleitungen – Bedeutung und Handlungsbedarf aus der Sicht der Abwasserbeseitigungspflichtigen. Arbeitsbericht des DWA-Fachausschusses KA-3, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 60 (2013), Heft 1, 26-29.
- Dieter, H. H. / Götz, K. / Kümmerer, K. / Keil, F. (2010): Handlungsmöglichkeiten zur Minderung des Eintrags von Humanarzneimitteln und ihren Rückständen in das Roh- und Trinkwasser, Dessau-Roßlau / Frankfurt am Main.
- Eckstein, G. / Sherk, G. W. (2011): Alternative Strategies for Managing Pharmaceutical and Personal Care Products in Water Resources; [http://www.micropollutants.org/images/PPCP\\_Report\\_Final.pdf](http://www.micropollutants.org/images/PPCP_Report_Final.pdf) (abgerufen am 19.02.2014).
- ECOPLAN (2001): Grobevaluation Abwasserfonds. ERKOS-Grobuntersuchung zu den Fondsbeiträgen und der Abgabe im Abwasserbereich; [http://www.ecoplan.ch/download/aek\\_sb\\_de.pdf](http://www.ecoplan.ch/download/aek_sb_de.pdf) (abgerufen am 13.02.2014).
- Emschergenossenschaft (Hrsg.) (2012): Pharmazeutische Rückstände in der aquatischen Umwelt – eine Herausforderung für die Zukunft. Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS; [http://www.pills-project.eu/PILLS\\_summary\\_deutsch.pdf](http://www.pills-project.eu/PILLS_summary_deutsch.pdf) (abgerufen am 13.03.2014).
- Endres, A. (2013): Umweltökonomie, 4. Aufl., Stuttgart.
- Esch, B. (1999): Gegenüberstellung der Regelungen des gesetzlichen Klärschlamm-Entschädigungsfonds und des freiwilligen Klärschlammfonds, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 46 (1999), Heft 1, 82-88.
- Etchepare, R. / van der Hoek, J. P. (2014): Health risk assessment of organic micropollutants in greywater for potable reuse, in: Water Research, online; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135414007465>, doi:10.1016/j.watres.2014.10.048 (abgerufen am 12.02.2015).
- EUWID (2012): Spurenstoffe: Kein ausreichendes Wissen für verpflichtende Einführung der 4. Reinigungsstufe. Interview mit Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Firk, EUWID Wasser special 01/2012, S. 33-35.
- Feldhaus, G. (1981): Zum Inhalt und zur Anwendung des Standes der Technik im Immissionsschutzrecht, in: Deutsches Verwaltungsblatt (DVBl.) 96 (1981), 165-173.
- Firk, W. (2013): Mikroschadstoffe: Erkenntnisse und Schlussfolgerungen für die Wasserwirtschaft in NRW, Beitrag auf der DWA Landestagung NRW 2013; [http://www.dwa-nrw.de/tl\\_files/\\_media/content/PDFs/LV\\_Nordrhein-Westfalen/landestagung/landestagung2013/kurzvortrag-firk.pdf](http://www.dwa-nrw.de/tl_files/_media/content/PDFs/LV_Nordrhein-Westfalen/landestagung/landestagung2013/kurzvortrag-firk.pdf) (abgerufen am 25.03.2014).

- Gawel, E. (2011): Der Sondervorteil der Wasserentnahme, in: Deutsches Verwaltungsblatt 126 (2011), 1000-1008.
- Gawel, E. (2012a): Sind die Preise für Wasserdienstleistungen der Ver- und Entsorgung in Deutschland wirklich kostendeckend?, in: Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen (ZögU) 35 (2012), Heft 3, 243-266.
- Gawel, E. (2012b): Art. 9 EG-Wasserrahmenrichtlinie: Wo bleibt die Reform des Kommunalabgabenrechts?, in: Kommunale Steuer-Zeitschrift (KStZ) 61 (2012), Heft 1, 1-9.
- Gawel, E. (2015): Finanzierung der vierten Reinigungsstufe durch die Abwasserabgabe. Das Leipziger Modell zur Finanzierung des Ausbaus der vierten Reinigungsstufe in Deutschland, in: Wasserwirtschaft Wassertechnik (wwt) 65 (2015), Heft 3, im Druck.
- Gawel, E. / Köck, W. (2015): Die Abwasserabgabe als Instrument zur Reduzierung der Gewässerbelastung durch Mikroverunreinigungen, in: Zeitschrift für Wasserrecht (ZfW) 54 (2015), Heft 4, erscheint demnächst.
- Gawel, E. / Köck, W. / Kern, K. / Möckel, S. / Holländer, R. / Fälsch, M. / Völkner, T. (2011): Weiterentwicklung von Abwasserabgabe und Wasserentnahmeentgelten zu einer umfassenden Wassernutzungsabgabe, UBA-Texte 67/2011, Dessau-Roßlau.
- Gawel, E. / Köck, W. / Kern, K. / Schindler, H. / Holländer, R. / Anlauf, K. / Rüger, J. / Töpfer, C. (2014): Reform der Abwasserabgabe: Optionen, Szenarien und Auswirkungen einer fortzuentwickelnden Regelung, UBA-Texte 55/2014, Dessau-Roßlau.
- Gawel, E. / Möckel, S. (2011): Regionalisierung von Wassernutzungsabgaben, in: Raumforschung und Raumordnung 69 (2011), 333-345.
- Götz, C. / Kase, R. / Hollender, J. (2011): Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser, Studie im Auftrag des BAFU, EAWAG, Dübendorf.
- Götz, C. / Bergmann, S. / Ort, C. / Singer, H. / Kase, R. (2012): Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser – Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MKULNV); <http://www.oekotoxzentrum.ch/dokumentation/berichte/doc/NRW.pdf> (abgerufen am 30.04.2014)
- Government Accountability Office (GAO) (2009): Clean Water Infrastructure. A Variety of Issues Need to Be Considered When Designing a Clean Water Trust Fund; <http://www.gao.gov/new.items/d09657.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).
- Grünebaum, T. / Jardin, N. / Lübken, M. / Wichern, M. / Lyko, S. / Rath, L. / Thöle, D. / Türk, J. (2014). Untersuchung verschiedener Verfahren zur weitergehenden Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen im großtechnischen Maßstab, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall 61 (10), 876-884.
- Gunnarsdóttir, R. / Jenssen, P. D. / Jensen, P. E. / Villumsen, A. / Kallenborn, R. (2013): A review of wastewater handling in the Arctic with special reference to pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and microbial pollution, in: Ecological Engineering 50 (1), 76-85.
- Herbst, H. / Türk, J. / Wermter, P. et al. (2013): Ertüchtigung von Kläranlagen. Investitionen & Kosten in NRW, BW & CH, Präsentation vom 16.12.2013 im Rahmen des Workshops „Maßnahmenprogramm WRRL 2015 und Mikroschadstoffreduzierung“ bei der

- Bezirksregierung Düsseldorf; [www.raci.org.au/document/item/1192](http://www.raci.org.au/document/item/1192) (abgerufen am 21.03.2014).
- Hillenbrand, T. (2014): Schlussfolgerungen zum Abschlussworkshop „Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer“, Vortrag vom 14.05.2014, Bundespresseamt, Berlin.
- Hillenbrand, T. / Tettenborn, F. / Menger-Krug, E. / Marscheider-Weidemann, F. / Fuchs, S. / Toshovski, S. / Kittlaus, S. / Metzger, S. / Tjoeng, I. / Wermter, P. / Kersting, M. / Abegglen, C. (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 85/2014, Dessau-Roßlau; <http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von-0> (abgerufen am 26.01.2015).
- Hollender, J. / Zimmermann, S. G. / Koepke, S. / Krauss, M. / McArdell, C. / Ort, C. / Singer, H. / von Gunten, U. / Siegrist, H. (2009): Elimination of Organic Micropollutants in a Municipal Wastewater Treatment Plant Upgraded with a Full-Scale Post-Ozonation Followed by Sand Filtration, in: Environmental Science and Technology 43 (2009), Heft 20, 7862-7869.
- Hoque, S. F. / Wichelns, D. (2013): State-of-the-art review: designing urban water tariffs to recover costs and promote wise use, in: International Journal of Water Resources Development 29 (2013), Heft 3, 472-491.
- Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) (2008): Humanarzneimittelwirkstoffe: Handlungsmöglichkeiten zur Verringerung von Gewässerbelastungen. Eine Handreichung für die Praxis, Frankfurt a. M.; <http://www.start-project.de/downloads/start.pdf> (abgerufen am 11.03.2014).
- Jekel, M. / Dott, W. (2013): Leitfaden: „Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf“, in: gwf-Wasser/Abwasser 144 (2013), 1334-1346.
- Joss, A. / Siegrist, H. / Ternes, T. A. (2008): Are we about to upgrade wastewater treatment for removing organic micropollutants?, in: Water Science and Technology 57 (2008), Heft 2, 251-255.
- Kampa, E. / Vidaurre, R. / Laaser, C. (2007): State-of-art review of policy instruments to limit the discharge of pharmaceutical products into European waters, Deliverable 3.1 of Knappe (Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters); [http://www.ecologic.eu/download/projekte/1850-1899/1878/knappe\\_d31\\_state\\_of\\_art\\_policy.pdf](http://www.ecologic.eu/download/projekte/1850-1899/1878/knappe_d31_state_of_art_policy.pdf) (abgerufen am 18.02.2014).
- Kern, K. (2010): , Rechtliche Regulierung der Umweltrisiken von Human- und Tierarzneimitteln, Lexxion, Berlin
- Kern, K. (2014): Neue Anforderungen und Instrumente für die europäische Gewässerqualität. Novellierung der Liste der prioritären Stoffe durch die Richtlinie 2013/39/EU, in: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ) 34 (2014), 256-262.
- Kauffmann, A. C. (2011): Financing Water Quality Management, in: International Journal of Water Resources Development 27 (2011), Heft 1, 83-99.
- Kirchhof, P. (2007): Nichtsteuerliche Abgaben, in: Isensee, J. / Kirchhof, P. (Hrsg.): Handbuch des Staatsrechts, Band V, 3. Aufl., Heidelberg, § 119.

- Klug, U. (2001): Absicherung von Schutzgebieten. Handlungsoptionen der EZ zur Förderung von Naturschutzvorhaben durch Umweltfonds, Eschborn;  
<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/02-0022.pdf> (abgerufen am 11.03.2014).
- Koch, H.-J. / Jankowski, K. (1998): Die IVU-Richtlinie: Umsturz im deutschen Anlagenrecht?, in: Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR) 9 (1998), 57-64.
- Köck, W. (2005): Die Entwicklung des Vorsorgeprinzips im Recht – ein Hemmnis für Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften?, in: Hansjürgens, B. / Nordbeck, R. (Hrsg.): Chemikalienregulierung und Innovationen zum nachhaltigen Wirtschaften, Berlin u. a. O., 85-120.
- Köck, W. (2012): Wasserwirtschaft und Gewässerschutz in Deutschland, in: Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR) 23 (2012), 140-149.
- Köck, W. (2015): Zur Entwicklung des Rechts der Wasserversorgung und der Abwasserbeseitigung, in: Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR) 26 (2015), 3-15.
- Köhler, H. / Meyer, C. C. (2006): Abwasserabgabengesetz. Kommentar, 2. Aufl., München.
- Kolcu, S. (2008): Der Kostendeckungsgrundsatz für Wasserdienstleistungen nach Art. 9 der WRRL. Analyse und Auswirkungen auf das deutsche Recht, Berlin.
- Kosma, C. I. / Lambropoulou, D. A. / Albanis, T. A. (2014): Investigation of PPCPs in wastewater treatment plants in Greece: Occurrence, removal and environmental risk assessment, in: Science of the Total Environment 466/467 (2014), 421-438.
- Kümmerer, K. (2009): The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use – present knowledge and future challenges, in: Journal of Environmental Management 90 (2009), 2354-2366.
- Kuzmanović, M. / Ginebreda, A. / Petrović, M. / Barceló, D. (2015): Risk assessment based prioritization of 200 organic micropollutants in 4 Iberian rivers, in: Science of the Total Environment 503/504 (2015), 289-299.
- Lübbe-Wolff, G. (2000): Ist das Umweltrecht zu technikorientiert?, in: Gawel, E. / Lübbe-Wolff, G. (Hrsg.): Effizientes Umweltordnungsrecht, Nomos, Baden-Baden, 99-127.
- Luo, Y. / Guo, W. / Hao Ngo, H. / Duc Nghiem, L. / Ibney Hai, F. / Zhang, J. / Liang, S. / C. Wang, X. (2014): A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment, in: Science of the Total Environment 473-474 (2014), 619-641.
- Margot, J. / Kienle, C. / Magnet, A. / Weil, M. / Rossi, L. / de Alencastro, L. F. / Abegglen, C. / Thonney, D. / Chèvre, N. / Schärer M. / Barry, D. A. (2013): Treatment of micropollutants in municipal wastewater: Ozone or powdered activated carbon?, in: Science of the Total Environment Volumes 461-462 (2013), 480-498.
- McArdell, C. S. / Kovalova, L. / Siegrist, H. / Kienle, C. / Moser, R. / Schwartz, T. (2011): Input and Elimination of Pharmaceuticals and Disinfectants from Hospital Wastewater, EAWAG, Dübendorf.
- Mertsch, V. (2014): Mikroverunreinigungen in Gewässern: Strategie des Landes NRW, in: Pinnekamp, J. (Hrsg.): 47. Essener Tagung zur Wasser- und Abfallwirtschaft „Ist unsere Wasserwirtschaft zukunftsfähig?“, Gewässerschutz – Wasser – Abwasser Bd. 234, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, Aachen, 53/1-53/1.

- Mertsch, V. / Herbst, H. / Alt, K. (2013): Kosten der Elimination von Spurenstoffen auf kommunalen Kläranlagen, in: Pinnekamp, J. (Hrsg.): 46. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft „Resourcenschutz als interdisziplinäre Aufgabe“, 13. bis 15. März 2013, Gewässerschutz – Wasser – Abwasser Bd. 232, Schriftenreihe des Instituts und Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Siedlungsabfallwirtschaft der RWTH Aachen, 33/1-33/28; [http://www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/641/33\\_Mertsch%20%282013%29.pdf](http://www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/641/33_Mertsch%20%282013%29.pdf) (abgerufen am 06.01.2014).
- Metz, F. (2013): Addressing Micropollution by Linking Problem Characteristics to Policy Instruments, Working Papers in Environmental Social Sciences 2013-04; <http://www.eawag.ch/forschung/ess/workingpapers/> (abgerufen am 28.03.2014).
- Metzger, S. / Hildebrand, A. / Prögel-Goy, C. (2013): Mit Aktivkohle gegen Spurenstoffe im Abwasser. KomS Baden-Württemberg: Plattform für Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch, in: gwf-Wasser/Abwasser 154 (2013), Heft 3, 348-352.
- Metzger, S. / Kapp, H. (2008): Einsatz von Pulveraktivkohle zur Elimination von Mikroverunreinigungen, Vortrag bei der VSA-Fachtagung am 28.10.2008 in Regensdorf/Schweiz. Veröffentlicht in den Tagungsunterlagen.
- Metzger, S. / Röbler, A. (2011): Optimierung der Pulveraktivkohleabtrennung durch Filtration als Grundlage zur Anlagendimensionierung, Abschlussbericht, Hochschule Biberach, Biberach.
- Murswiek, D. (1994): Die Ressourcennutzungsgebühr, in: Natur und Recht 16 (1994), Heft 6, 170-176.
- Nisipeanu, P. / Lemmel, P. / Frece, N. (2013): Die Fortschreibung der Abwasserabgabe aus Sicht eines Abgabepflichtigen – Rückblick, Bestandsaufnahme und Änderungswünsche, in: Zeitschrift für Wasserrecht 52 (2013), Heft 2, 70-83.
- o. V. (2013): Wasserwirtschaft in Sachsen und Thüringen – Historie, Gegenwart und Zukunft. DWA-Landesverbandstagung Sachsen/Thüringen in Weimar, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 60 (2013), Heft 10, 834-836.
- Obinger, H. / Wagschal, U. / Kittel, B. (Hrsg.) (2003): Politische Ökonomie. Demokratie und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit, Opladen.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2010): Innovative Financing Mechanisms for the Water Sector; <http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=ENV/EPOC/GSP%282009%2911/FINAL&docLanguage=En> (abgerufen am 27.03.2014).
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2011): Meeting the Challenge of Financing Water and Sanitation; <http://www.oecd.org/env/resources/48923826.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2012): A Framework for Financing Water Resources Management; [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/a-framework-for-financing-water-resources-management\\_9789264179820-en](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/a-framework-for-financing-water-resources-management_9789264179820-en) (abgerufen am 11.03.2014).
- Owen, R. / Jobling, S. (2012): The hidden costs of flexible fertility, in: Nature 485 (2012), 441.
- pills (2012): Pharmazeutische Rückstände in der aquatischen Umwelt – eine Herausforderung für die Zukunft, Pharmaceutical Input and Elimination from Local Sources (pills), Abschlussbericht der PILLS-Abschlusskonferenz am 19./20. September 2012, Gelsenkirchen.

- Reinhardt, M. (2006): Stand der Technik und Branchenansatz in der Abwasserbeseitigung, in: Zeitschrift für Wasserrecht (ZfW) (2006), Heft 2, 65-74.
- Reungoat, J. / Escher, B. I. / Macova, M. / Argaud, F. X. / Gernjak, W. / J. Keller, J. (2012): Ozonation and biological activated carbon filtration of wastewater treatment plant effluents, in: Water Research 46 (2012), 863-872.
- Richardson, S. D. / Ternes, T. A. (2010): Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues, in: Analytical Chemistry 83 (2011), 4614-4648.
- Riße, H. / Gredigk-Hoffmann, S. / Palmowski, L. / Veltmann, K. / Mousel, D. / Mauer, C. / Simsheuser, C. / Schmitz, U. / Eckers, S. / Jagemann, P. / Thöle, D. (2011): Energiebedarf von Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen – Phase I. Abschlussbericht, Projektleitung: ISA, Aachen, im Auftrag von: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Aachen.
- Ruchay, D. (1988): Zum Vorsorgekonzept im Gewässerschutz, in: Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht (NVwZ) 7 (1988), 499-504.
- Sacksofsky, U. (2000): Umweltschutz durch nicht-steuerliche Abgaben, Tübingen.
- Schäfer, H.-B. / Ott, C. (2005): Lehrbuch der ökonomischen Analyse des Zivilrechts, 4. Aufl., Berlin u. a. O.
- Schärer, M. (2014): Elimination von Mikroschadstoffen in der Schweiz, in: Pinnekamp, J. (Hrsg.): 47. Essener Tagung zur Wasser- und Abfallwirtschaft „Ist unsere Wasserwirtschaft zukunftsfähig?“, Gewässerschutz – Wasser – Abwasser Bd. 234, Aachen, 55/1-55/9.
- Schwentner, G. / Kremp, W. / Hein, A. / Metzger, S. / Rössler, A. (2013a): Spurenstoffelimination in den Klärwerken, in: Wasserwirtschaft Wassertechnik (wwt) 63 (2013), Heft 4, 36-40.
- Schwentner, G. / Kremp, W. / Mauritz, A. / Hein, A. / Metzger, S. / Rössler, A. (2013b): Kosten der weitergehenden Abwasserreinigung mit PAK. Teil 2: Die Spurenstoffelimination verursacht zusätzliche Kosten. Die Kostenhöhe ist dabei stark von den Randbedingungen abhängig, in: Wasserwirtschaft Wassertechnik (wwt) 63 (2013), Heft 5, 28-31.
- Smith, M. / Rockett, L. (2012): Meeting the challenge on micropollutants, in: Water & Wastewater Treatment, November 2012, 35-36; <http://www.wrcplc.co.uk/Data/Sites/1/GalleryImages/WebImages/pdfs/articles/meetingthechallenge.pdf> (abgerufen am 19.03.2014).
- Sodan, H. / Ziekow, J. (2012): Grundkurs Öffentliches Recht, 5. Aufl., C.H. Beck, München.
- Spitz, S. A. / Brennan, D. (2012): Water and Wastewater Projects: Financing with Tax-Exempt Bonds. Orrick, Herrington & Sutcliffe LLP, San Francisco.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (1974): Die Abwasserabgabe: Wassergütewirtschaftliche und gesamtökonomische Wirkungen – 2. Sondergutachten, Stuttgart.
- Stalter, D. / Magdeburg, A. / Oehlmann, J. (2010): Comparative toxicity assessment of ozone and activated carbon treated sewage effluents using an in vivo test battery, in: Water Research 44 (2010), 2610-2620.
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) (2010): Actieveloofiltratie op afloop nabezinktank, STOWA Report No. 27/2010, Amersfoort.
- Thaler, S. (2011): Anthropogene Spurenstoffe im Wasserkreislauf. Politischer Workshop der DWA in Berlin, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 58 (2011), Heft 5, 426-433.

- Touraud, E. / Roig, B. / Sumpter, J. P. / Coetsier, C. (2011). Drug residues and endocrine disruptors in drinking water: Risk for humans?, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214 (2011), Heft 6, 437-441.
- TU Dortmund (2008): Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen. Phase 3, Abschlussbericht, Technische Universität Dortmund, Fakultät Chemie- und Bioingenieurwesen, Lehrstuhl Umwelttechnik, Dortmund.
- Türk, J. / Darzio, M. / Dinkel, F. / Ebben, T. / Herbst, H. / Hochstrat, R. / Madzielewski, V. / Matheja, A. / Montag, D. / Remmler, F. / Schaefer, S. / Schramm, E. / Türk, J. / Vogt, M. / Werbeck, N. / Wermter, P. / Wintgens, T. (2013): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben „Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren (TP9)“, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), AZ IV-7-042 600 001I, Vergabenummer 08/0581.
- UBA (Umweltbundesamt) (2014): Liste der Kläranlagen der GK 5 in Deutschland. Daten der Bundesländer im Rahmen der aktuellen Berichterstattung zur EU KommunalabwasserRL, vorläufige Version, schriftliche Mitteilung vom 26.05.2014.
- Vestner, R. J. / Rothenberger, D. (2013): Anthropogene Spurenstoffe in Indirekteinleitungen – Bedeutung und Handlungsbedarf aus der Sicht der Abwasserbeseitigungspflichtigen, Arbeitsbericht des DWA-Fachausschusses KA-3 „Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche Abwasseranlage“, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall (KA) 60 (2013), Heft 1, 26-42.
- VKU (Verband kommunaler Unternehmen) (2014): Auswertungsbericht zur VKU-Kurzumfrage „Abwasserabgabe“, Berlin.
- Waldhoff, C. (2007): Grundzüge des Finanzrechts des Grundgesetzes, in: Isensee, J. / Kirchhof, P. (Hrsg.): Handbuch des Staatsrechts, Band V, 3. Aufl., Heidelberg, § 116.
- Wendenburg, H. (2014): Grundsätzliche Überlegungen zur Umsetzung der UQN-RL in die OGV, in: Pinnekamp, J. (Hrsg.): 47. Essener Tagung zur Wasser- und Abfallwirtschaft „Ist unsere Wasserwirtschaft zukunftsfähig?“ Gewässerschutz – Wasser – Abwasser Bd. 234, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, Aachen, 52/1-52/7.
- Wendt, R. / Jochum, H. (2006): Wie weit reicht die Zweckbindung der Abwasserabgabe? Zur Finanzierung von Gewässerrenaturierung und Abwassermengenreduzierung, in: Natur und Recht 28 (2006), Heft 6, 333-341.
- Wenzel, H. / Larsen, H. F. / Clauson-Kaas, J. / Hoibe, L. / Jacobsen, N. (2008): Weighing environmental advantages and disadvantages of advanced wastewater treatment of micro-pollutants using environmental life cycle assessment, in: Water Science and Technology 57 (2008), Heft 1, 27-32.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2008): Zur Begrenzung der Staatsverschuldung nach Art. 115 GG und zur Aufgabe des Stabilitäts- und Wachstumsgesetzes, Gutachten 01/08, Berlin; <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/gutachten-wissenschaftlicher-beirat-begrenzung-der-staatsverschuldung-nach-art-115-gg,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (abgerufen am 20.02.2014).

Wombacher, W. (2010): There's Cologne in the Water: The Inadequacy of U.S. Environmental Statutes to Address Emerging Environmental Contaminants, in: International Environmental Law & Policy 21 (2010), Heft 3, 521-556.

Zwickenpflug, B. / Boehler, M. / Sterkele, B. / Joss, A. / Siegrist, H. / Traber, J. / Gujer, W. / Behl, M. / Dorusch, F. / Hollender, J. / Ternes, T. / Fink, G. (2010): Einsatz von Pulveraktivkohle zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser, Abschlussbericht, EAWAG, Dübendorf.

## Sonstige Quellen

Alliance for the Great Lakes (2010): Protecting the Great Lakes from Pharmaceutical Pollution; <http://www.greatlakes.org/Document.Doc?id=810> (abgerufen am 18.02.2014).

Alliance for the Great Lakes (2011): Emerging Contaminant Threats and the Great Lakes: Existing science, estimating relative risk and determining policies; <http://www.greatlakes.org/Document.Doc?id=1072> (abgerufen am 13.03.2014).

Apte, S. / Kookana, R. / Williams, M. (2013): What's in our water? Pharmaceuticals and other emerging contaminants in natural waters; [www.raci.org.au/document/item/1192](http://www.raci.org.au/document/item/1192) (abgerufen am 28.02.2014).

Association of Metropolitan Water Agencies (AMWA) (2013): Policy Resolutions October 2013; [http://www.amwa.net/galleries/default-file/AMWA\\_2013\\_PolicyResolutions.pdf](http://www.amwa.net/galleries/default-file/AMWA_2013_PolicyResolutions.pdf) (abgerufen am 19.02.2014).

ATT (Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V.) / BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.) / DBVW (Deutscher Bund für verbandliche Wasserwirtschaft e. V.) / DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.) / DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) / VKU (Verband kommunaler Unternehmen) (2011): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft 2011, Bonn; [http://de.dwa.de/tl\\_files/\\_media/content/PDFs/Abteilung\\_AuG /WEB-Branchenbild-dt-wasserwirtschaft-2011.pdf](http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_AuG /WEB-Branchenbild-dt-wasserwirtschaft-2011.pdf) (abgerufen am 17.04.2013).

British Geological Survey (2011): Emerging Contaminants in Groundwater; [www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=2080](http://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=2080) (abgerufen am 28.02.2014).

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2006): Organische Mikroverunreinigungen und Nährstoffe. Eine Standortbestimmung für die Siedlungswasserwirtschaft, Bern; <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00013/index.html?lang=de&download=NHzLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdnt3gGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2009): Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentwässerung, Bern; [http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=de&download=NHzLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoF\\_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01051/index.html?lang=de&download=NHzLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGdoF_fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf) (abgerufen am 26.03.2014).

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2011): Massnahmen der Abwasserreinigung gegen Mikroverunreinigungen – weiteres Vorgehen, Informationsblatt Nr. 9; [www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGeoN5f2ym162epYbq2c\\_jKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGeoN5f2ym162epYbq2c_jKbNoKSn6A-) (abgerufen am 26.01.2015).

- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012a): Finanzierung der Maßnahmen gegen Mikroverunreinigungen im Abwasser – Änderung des Gewässerschutzgesetzes, Informationsblatt Nr. 10; [http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93hGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93hGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-) (abgerufen am 28.01.2014).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2012b): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen, Bern; [www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01661/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93fmym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf](http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01661/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCGfH93fmym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf) (abgerufen am 26.01.2015).
- Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2014): Laufende und geplante Rechtsetzung 2014 – 2019 im Umweltbereich. Gesamtübersicht Stand 1. März 2014, AZ N142-0256; [http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/gesetzgebung/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDfXx3gGym162epYbg2c\\_JjKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/gesetzgebung/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDfXx3gGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-) (abgerufen am 13.05.2014).
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz) vom 24. Januar 1991 (Schweiz) (AS 1992 1860). Zuletzt geändert am 21. März 2014.
- BGW (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft) / ATV-DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2003): Marktdaten Abwasser 2003. Ergebnisse einer gemeinsamen Umfrage zur Abwasserentsorgung; <http://www.bdew.de> (abgerufen am 17.04.2013).
- Canadian Council of Ministers of the Environment (2006): Potential Funding Mechanisms for Municipal Wastewater Effluent (MWW) Projects in Canada; [http://www.ccme.ca/assets/pdf/mwwe\\_funding\\_mechanisms\\_rpt\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/mwwe_funding_mechanisms_rpt_e.pdf) (abgerufen am 19.02.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2003): Summary of Water Infrastructure Forum from the Closing the Gap: Innovative Solutions for America's Water Infrastructure Forum, January 31, 2003; [http://water.epa.gov/infrastructure/sustain/upload/2009\\_05\\_26\\_waterinfrastructures\\_summary\\_si\\_waterinfrastructureforum-2003.pdf](http://water.epa.gov/infrastructure/sustain/upload/2009_05_26_waterinfrastructures_summary_si_waterinfrastructureforum-2003.pdf) (abgerufen am 19.03.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008a): Emerging Pollutants of Concern. A Survey of State Activities and Future Needs; <http://www.sawpa.org/documents/EC-Appendix-F.pdf> (abgerufen am 19.02.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008b): Clean Watersheds Needs Survey 2008, Report to Congress, Washington/D. C.; <http://water.epa.gov/scitech/datait/databases/cwns/upload/cwns2008rtc.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2009): Final Contaminant Candidate List 3 – Microbes: PCCL to CCL Process; <http://water.epa.gov/scitech/drinkingwater/dws/ccl/upload/CCL-3-Scoring-Support.pdf> (abgerufen am 17.03.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2010): Clean Water State Revolving Fund Programs, Annual Report 2009, Washington/D. C.; [http://water.epa.gov/grants\\_funding/cwsrf/upload/2009\\_CWSRF\\_AR.pdf](http://water.epa.gov/grants_funding/cwsrf/upload/2009_CWSRF_AR.pdf) (abgerufen am 27.03.2014).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2011): Clean Watersheds Needs Survey, 2012 Update, Präsentation von Karen Fligger vom 15.11.2011; <http://www.cifanet.org/documents/11work/KarenFligger.pdf> (abgerufen am 24.03.2014).

Gesetz über das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 18. Januar 2005 (BGBl. S. 114). Zuletzt geändert am 11. August 2010 (BGBl. I S. 1163).

Government Accountability Office (GAO) (2010): Wastewater Infrastructure Financing. Stakeholder Views on a National Infrastructure Bank and Public-Private Partnerships; <http://www.gao.gov/assets/310/306947.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).

Government Accountability Office (GAO) (2013): Water Infrastructure. Approaches and Issues for Financing Drinking Water and Wastewater Infrastructure; <http://www.gao.gov/assets/660/652976.pdf> (abgerufen am 27.03.2014).

HUNZIKER (2008): Massnahmen in ARA zur weitergehenden Behandlung von Mikroverunreinigungen, Kostenstudie im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU); [www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFeIB3gmym162epYbg2c\\_jjKbNoKSn6A-](http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11218/11223/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFeIB3gmym162epYbg2c_jjKbNoKSn6A-) (abgerufen am 26.01.2015).

Hüter, J. (2008): Der Klärschlamm-Entschädigungsfonds, Vortrag zum Symposium „Zukunft der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung in Sachsen-Anhalt“ am 27. März 2008; [http://www.mlu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik\\_und\\_Verwaltung/MLU/MLU/Master-Bibliothek/Landwirtschaft\\_und\\_Umwelt/A/Abfall/Kl\\_rschlamm\\_symposium/Vortrag\\_H\\_tner.pdf](http://www.mlu.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/MLU/Master-Bibliothek/Landwirtschaft_und_Umwelt/A/Abfall/Kl_rschlamm_symposium/Vortrag_H_tner.pdf) (abgerufen am 11.03.2014).

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (2010): Strategy for micro-pollutants, Strategy for municipal and industrial wastewater, Report No. 181, Koblenz; [http://www.iksr.org/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_en/Reports/Report\\_Nr.\\_181e.pdf](http://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_en/Reports/Report_Nr._181e.pdf) (abgerufen am 27.03.2014).

Landesrechnungshof Niederösterreich (2001): NÖ Wasserwirtschaftsfonds, Bericht 17/2001, St. Pölten, <http://www.landtag-noe.at/service/politik/landtag/LandtagsvorlagenXV/BerichteXV/964/65B.pdf> (abgerufen am 13.02.2014).

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014a): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen; [http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/lagebericht/NRW\\_EStAb\\_2014\\_WebKurzfassung.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/lagebericht/NRW_EStAb_2014_WebKurzfassung.pdf) (abgerufen am 16.02.2015).

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014b): Programm „Reine Ruhr“. Zur Strategie einer nachhaltigen Verbesserung der Gewässer- und Trinkwasserqualität; [http://www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/145/NRW\\_ReineRuhr\\_2014.pdf](http://www.masterplan-wasser.nrw.de/data/files/145/NRW_ReineRuhr_2014.pdf) (abgerufen am 16.02.2015).

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2012): Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer – Spurenstoffbericht 2012, Stuttgart; [http://www.koms-bw.de/pulsepro/data/img/uploads/R21040\\_2\\_%20Anlage%20Anthropogene\\_Spurenstoffe\\_im\\_Gewaesser\\_2012.pdf](http://www.koms-bw.de/pulsepro/data/img/uploads/R21040_2_%20Anlage%20Anthropogene_Spurenstoffe_im_Gewaesser_2012.pdf) (abgerufen am 31.03.2014).

Minister of Public Works and Government Services Canada (2007): Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Canadian Environment: Research and Policy Directions, NWRI Scientific Assessment Report Series No. 8; [http://www.ec.gc.ca/INRE-NWRI/C00A589F-1CB5-4B81-93C9-8305E2BFEEED3/ppcp-ppsp\\_2007-e.pdf](http://www.ec.gc.ca/INRE-NWRI/C00A589F-1CB5-4B81-93C9-8305E2BFEEED3/ppcp-ppsp_2007-e.pdf) (abgerufen am 18.02.2014).

National Association of Clean Water Agencies (NACWA) (2005): Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: A White Paper on Options for the Wastewater Treatment Community; [http://www.dep.state.fl.us/waste/quick\\_topics/publications/shw/meds/NACWA-PPCPWhitePaper1105.pdf](http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/shw/meds/NACWA-PPCPWhitePaper1105.pdf) (abgerufen am 19.02.2014).

- Nationaler Fonds für Umweltschutz und Wasserwirtschaft (Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej) (2009): Der Nationale Fonds für Umweltschutz und Wasserwirtschaft; <http://www.nfosigw.gov.pl/en/> (abgerufen am 17.03.2014).
- Schweizer Nationalrat (2013): Wortprotokoll zur Änderung des Gewässerschutzgesetzes vom 3. März 2014; [http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/n/4912/429419/d\\_n\\_4912\\_429419\\_429423.htm](http://www.parlament.ch/ab/frameset/d/n/4912/429419/d_n_4912_429419_429423.htm) (abgerufen am 18.03.2014).
- Schweizerischer Fischerei-Verband (SFV) (2010): Mikroverunreinigungen. Änderungen der Gewässerschutzverordnung; [http://www.sfv-fsp.ch/fileadmin/user\\_upload/Daten\\_2009/pdf-files/Vernehmlassungen/BAFU\\_Stellungnahme\\_April10.pdf](http://www.sfv-fsp.ch/fileadmin/user_upload/Daten_2009/pdf-files/Vernehmlassungen/BAFU_Stellungnahme_April10.pdf) (abgerufen am 26.03.2014).
- Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Bremen (2013): Abwasserabgabe (AbwAG) und Wasserentnahmegebühr (BremWEGG) – Bericht über die geplante Mittelverwendung 2014, Vorlage für die Sitzung der Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie (L) am 09.01.2014; [http://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/18\\_332\\_L\\_Abwasserabgabe.12084.pdf](http://www.bauumwelt.bremen.de/sixcms/media.php/13/18_332_L_Abwasserabgabe.12084.pdf) (abgerufen am 31.03.2014).
- Statistisches Bundesamt (2013): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung, Fachserie 19, Reihe 2.1.2, Wiesbaden; [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/AbwasserOeffentlich2190212109004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/AbwasserOeffentlich2190212109004.pdf?__blob=publicationFile) (abgerufen am 22.08.2014).
- Verband kommunaler Unternehmen (VKU) (2011): (Spuren-)Stoffe in der aquatischen Umwelt – Notwendige Kommunikations- und Präventionsmaßnahmen, Berlin; [http://www.vku.de/fileadmin/get/?18916/pub\\_VKU\\_Position\\_Spurenstoffe\\_110930\\_.pdf](http://www.vku.de/fileadmin/get/?18916/pub_VKU_Position_Spurenstoffe_110930_.pdf) (abgerufen am 26.03.2014).
- Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) vom 17. Juni 2004 (BGBl I S. 1108, 2625). Zuletzt geändert am 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).
- VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“: <http://www.micropoll.ch/verfahren/aktivkohle/pak/reinigungsleistung/>; (abgerufen am 09.07.2014).