

Abschlussbericht (Kurzfassung)

zum Forschungsvorhaben

„Volkswirtschaftlicher Nutzen der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren (TP 9)“

AZ IV-/-042 600 0011

Vergabenummer 08/0581

Untersuchungs- und Entwicklungsvorhaben im Bereich Abwasser zum Themenbereich: Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen: Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren

gerichtet an das

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Für die TP 9 Arbeitsgemeinschaft:

Duisburg, im Juni 2013

Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA)

Dr. rer. nat. Jochen Türk

Projektpartner

| Projektleiter | | Dr. Jochen Türk (IUTA) |
|---|--|---|
| Partner | | Bearbeiter |
|  | Emschergenossenschaft / Lippeverband (EG/LV) Kronprinzenstraße 24 45128 Essen | Dr.-Ing. Issa Nafo Dr.-Ing. Sven Lyko |
|  | Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e. V. (FiW) | Dipl.-Ing. Paul Wermter Dr.-Ing. Natalie Palm Dipl.-Ing. Michael Reinders |
|  | Grontmij GmbH Graeffstraße 5 50823 Köln | Dr.-Ing. Heinrich Herbst Dipl.-Ing. Arthur Matheja Dipl.-Ing. Christa Morgenschweis |
|  | Institut für Wasserforschung GmbH (IfW) Zum Kellerbach 46 58239 Schwerte | Dipl.-Geogr. Frank Remmler Dr. Birgit Kuhlmann Dipl.-Ing. Ninette Zullei-Seibert |
|  | Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen Mies-van-der-Rohe-Straße 1 52056 Aachen | Dr.-Ing. David Montag Dr.-Ing. Laurence Palmowski Dipl.-Ing. Susanne Malms Dipl.-Ing. Christopher Keyzers Dipl.-Ing. Frank Benstöm Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp |
|  | Institut für sozial-ökologische Forschung GmbH (ISOE) Hamburger Allee 45 60486 Frankfurt a. Main | Dr. Engelbert Schramm Dr. Alexandra Lux |
|  | Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V. (IUTA) Bliersheimer Straße 58 - 60 47229 Duisburg | Dr. Jochen Türk Dipl.-Ing. Monika Vogt |
|  | Fachhochschule Nordwestschweiz Hochschule für Life Science, Institut für Ecopreneurship Gründenstraße 40 4132 Muttenz (CH) | Prof. Dr.-Ing. Thomas Wintgens Dr. Fredy Dinkel Dipl.-Biol. Rita Hochstrat Matteo Dazio, Antje Langbein |
|  | Ruhrforschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik e.V. (RUFIS) Universitätsstraße 150 44801 Bochum | Dr. Nicola Werbeck Dipl.-Ök. Thomas Ebben Dr. Michael Kersting Prof. Dr. Dieter Hecht |
|  | Ruhrverband Kronprinzenstraße 37 45128 Essen | Dr.-Ing. Michael Weyand Dr.-Ing. Thomas Grünbaum Dipl.-Ing. Gregor Lorenz |
|  | Universität Duisburg-Essen Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Umweltwirtschaft und Controlling (UWCON) Campus Essen Universitätsstraße 12 45141 Essen | Prof. Dr. Sigrid Schaefer Dipl.-Kff. Veronika Hassani |

Zitiervorschlag:

Türk, J., Dazio, M., Dinkel, F., Ebben, T., Hassani, V., Herbst, H., Hochstrat, R., Matheja, A., Montag, D., Remmler, F., Schaefer, S., Schramm, E., 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 (TP 9)“, gerichtet an das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), AZ IV-7-042 600 0011, Vergabenummer 08/0581.

Danksagung

Die Mitglieder der TP 9 Arbeitsgemeinschaft und alle Projektbeteiligten bedanken sich beim MKULNV für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten und beim LANUV NRW für die fachliche Begleitung. Für die Unterstützung bei Recherchen und Bereitstellung von Daten ein herzlicher Dank an alle beteiligten Mitarbeiter vom LANUV NRW und IT.NRW.

Ein besonderer Dank gilt den Planern, an Planungen beteiligten Forschungsinstituten und insbesondere den Kläranlagenbetreibern für die Unterstützung dieses Forschungsvorhabens bei der Datenbereitstellung und der Möglichkeit einige Anlagen auch vor Ort zu besuchen.

Den Teilnehmern des „Ökotox-Workshops“ sowie nachfolgend aufgeführten Personen und Institutionen wird für die ständige Diskussionsbereitschaft und Unterstützung gedankt:

Dr. Christian Abegglen, AWA Bern / VSA-Plattform "Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen" (Datenbereitstellung und Informationsaustausch zu Schweizer Anlagen).

Prof. Dr. Elke Dopp, IWW Zentrum Wasser (Workshop-Vortrag und Diskussion über Bewertungsmöglichkeiten mittels zellbasierter Testsysteme).

Dr. Monika Hammers-Wirtz, gaiac (Workshop-Vortrag und Diskussion über ökologische Risikobewertung und in vivo-Testverfahren).

Dr. Robert Kase, Oekotoxzentrum der Eawag (Bereitstellung von Stoffdatenblätter, Diskussion von Bewertungsmöglichkeiten zur Risikoabschätzung und Bereitstellung von Informationen zum Projekt „MIKROSCHADSTOFFE AUS KOMMUNALEM ABWASSER Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale für Nordrhein-Westfalen“).

Dr. Cornelia Kienle, Oekotoxzentrum der Eawag (Workshop-Vortrag und Diskussion über ökotoxikologische Risiken durch Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt).

Dr.-Ing. S. Metzger, Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW / Hochschule Biberach (Informationsaustausch).

Dr.-Ing. Laurence Palmowski, ISA der RWTH Aachen und den ENVELOSO – Projektpartner (gemeinsame Datenaufnahme und Informationsaustausch zwischen beiden Projekten).

Dr. Michael Schärer, BAFU (Informationsaustausch zu den Schweizer Aktivitäten).

Inhaltsverzeichnis der Kurzfassung

| | |
|---|----|
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis der Kurzfassung | V |
| 1 Zusammenfassung..... | 1 |
| 2 Einleitung | 3 |
| 3 Ergebnisse | 6 |
| 3.1 Wie sind Kosten und Nutzen im Sinne des Projektes definiert?..... | 6 |
| 3.1.1 Herangehensweise bei der Berechnung der Kosten | 6 |
| 3.1.2 Nutzendefinitionen..... | 9 |
| 3.2 Welche Nutzenaspekte im engeren und weiteren Sinne (nutzungsabhängige Ziele) können betrachtet werden und welche sollten detaillierter betrachtet werden?..... | 10 |
| 3.3 Welche Maßnahmen sind geeignet, die im Projektverlauf hergeleiteten Zielwerte für ausgewählte Mikroschadstoffe, Keime und Viren im Gewässer zu erreichen?... 11 | |
| 3.4 Wie ist der Beitrag von Vermeidungsstrategien und Maßnahmen an der Eintragsquelle einzuschätzen?..... | 13 |
| 3.5 Wie kann eine Bewertung der Nutzenaspekte der Ertüchtigung von Kläranlagen durchgeführt werden? | 14 |
| 3.6 Welche Kosten entstehen für die Ertüchtigung der Kläranlagen zum Erreichen der Ziele? | 15 |
| 3.6.1 Welche Mikroschadstoffe und nutzungsabhängigen Ziele wurden berücksichtigt?..... | 15 |
| 3.6.2 Wie ist das Bilanzmodell aufgebaut?..... | 15 |
| 3.6.3 Welcher Maßnahmenbedarf bei Kläranlagen ergibt sich aus der Worst-Case-Betrachtung? | 16 |
| 3.6.4 Was kostet die Ertüchtigung von Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen in NRW und im Ruhreinzugsgebiet? | 19 |
| 3.7 Welche groben Nutzenabschätzungen können diesen Kosten gegenüber gestellt werden?..... | 22 |
| 3.8 Welche Handlungsempfehlungen können hieraus abgeleitet werden?..... | 24 |
| 3.9 Daten- und Forschungsbedarf zur Validierung und damit zur Erhöhung des Aussagewerts der Forschungsergebnisse | 26 |

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis der Kurzfassung

| | | |
|------------|--|----|
| Bild 1: | Spezifische Jahreskosten (Abwasserbezogen) für die Verfahren der Pulveraktivkohledosierung (Kostenfunktion in Anlehnung an das Verfahren Steinhäule-Ulm) und Ozonung in Abhängigkeit der angeschlossenen Einwohnerwerte (Schweiz, Baden-Württemberg und NRW) | 7 |
| Bild 2: | Spezifische Jahreskosten (Frischwasserbezogen) für die Verfahren der Pulveraktivkohledosierung (Kostenfunktion in Anlehnung an das Verfahren Steinhäule-Ulm) und Ozonung in Abhängigkeit der angeschlossenen Einwohnerwerte (Schweiz, Baden-Württemberg und NRW) | 8 |
| Bild 3: | Bilanzergebnisse Diclofenac - Gewässerkonzentrationen bei Trockenwetter ohne Ertüchtigungsmaßnahmen (Ist-Situation) und bezogen auf einen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) für Bilanzierungsknoten in NRW | 17 |
| Bild 4: | Bilanzergebnisse Diclofenac Gewässerkonzentrationen bei Trockenwetter der Maßnahmenhauptvariante 1 „Gewässerökologie“ bezogen auf einen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) für Bilanzierungsknoten in NRW | 18 |
| Tabelle 1: | Überblick Kosten der Ertüchtigung von Kläranlagen in NRW | 21 |

Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis ist in der Langfassung des Abschlussberichtes aufgeführt.

1 Zusammenfassung

Das vom MKULNV NRW beauftragte Forschungsvorhaben befasste sich mit der Erstellung übertragbarer Kosten-Nutzen-Betrachtungen auf Basis von Literaturlauswertungen und im gleichen Themenschwerpunkt durchgeführten Untersuchungen im halb- und großtechnischen Maßstab im Hinblick auf eine Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen.

Für die detaillierte Analyse von Ertüchtigungsmaßnahmen wurden die Substanzen Diclofenac und Carbamazepin ausgewählt und vorhabenspezifische Zielwerte von 0,1 µg/L bzw. 0,5 µg/L für Oberflächengewässer festgelegt. Für nicht bewertete Mikroschadstoffe, Metabolite und Transformationsprodukte wird ein Vorsorgewert von 0,1 µg/L vorgeschlagen.

Im Rahmen dieses Projektes ließen sich die drei Maßnahmenhauptvarianten „Gewässerökologie“, „Priorisierung nach Vorausstaltung“ und „Priorisierung nach Trinkwasserrelevanz“ ableiten und wurden mittels Frachtbilanzierung an den Hauptgewässern in NRW betrachtet. Bei einer Ertüchtigung von Kläranlagen mit vorhandener Filtration mittels Pulveraktivkohle und der übrigen Kläranlagen der Größenklassen IV und V mittels Ozon werden die angesetzten Zielkonzentrationen von Diclofenac und Carbamazepin an den meisten Bilanzierungsknoten erreicht und eine Gesamt-Frachtreduktion von 80% erzielt. Daher wird die Maßnahmenhauptvariante „Gewässerökologie“ zur Spurenstoffelimination bei kommunalen Kläranlagen der Größenklassen IV und V vorgeschlagen.

Zur Ertüchtigung aller Kläranlagen der Größenklassen IV und V wurden ohne Berücksichtigung einer evtl. notwendigen biologischen Nachbehandlung bei der Ozonung und der Annahme, dass die Filtrationsanlagen ohne zusätzliche Investitionen genutzt werden können, Investitionskosten von ca. 100 Mio. € netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 886 Mio. € netto für NRW ermittelt. Die Betriebskosten liegen unter der Annahme einer üblicherweise verwendeten Dosierung von 5 mg O₃/L beziehungsweise 10 mg PAK/L bei ca. 7,2 Mio. €/a netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 79 Mio. €/a netto für NRW. Daraus ergeben sich Jahreskosten von ca. 14,7 Mio. €/a netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 144 Mio. €/a netto für Nordrhein-Westfalen.

Der Nutzen einer Spurenstoffelimination konnte wegen fehlender Daten nicht unmittelbar in Geldeinheiten bestimmt werden. Der monetäre Wert einiger nützlicher Effekte betreffend das Freizeitangeln, das Baden, ein reduziertes Erkrankungsrisiko und eine unterbleibende Substitution von Leitungswasser durch Mineralwasser wurde mit einigen Annahmen grob abgeschätzt. Die Auswirkungen auf die Gewässerökologie dagegen konnten nicht bewertet werden. Die Literatur stellt nur Spannbreiten von Zahlungsbereitschaften für eine allgemein verbesserte oder gute Gewässerökologie bereit. Eine monetäre Wertschätzung speziell für

den Beitrag, den reduzierte Spurenstoffeinträge zur Verbesserung der Gewässerökologie leisten, konnte daraus nicht abgeleitet werden. Deshalb wurden die zuvor ermittelten Ertüchtigungskosten für die Spurenstoffelimination in Relation zum monetären Nutzen einer umfassenden Gewässerqualitätsverbesserung gesetzt, die mehr als eine Spurenstoffelimination voraussetzt. So konnte der Beitrag der Spurenstoffelimination zu einer Gewässerqualitätsverbesserung bestimmt werden, der erforderlich wäre, damit die Kosten der Elimination durch einen entsprechenden monetären Nutzen gedeckt sind. Aufgrund der ermittelten Kosten zeigt sich, dass der Beitrag der Kläranlagenertüchtigung zum Erreichen einer besseren Gewässerökologie an der Ruhr zwischen 7 und 29% betragen müsste, um eine Kostendeckung für die Spurenstoffelimination zu erreichen. Bezugsgrößen sind hier die durch Benefit Transfer ermittelten Wertschätzungen für eine verbesserte Gewässerökologie für das Ruhreinzugsgebiet in Höhe von 20 bis 80 Mio. €/a. Für NRW liegt die Wertschätzung für eine gute Gewässerökologie zwischen 178 und 712 Mio. €. Hier liegt der für eine Kostendeckung der Spurenstoffelimination erforderliche Beitrag zu einer besseren Gewässerökologie zwischen 14 und 55%. Zur Verifizierung dieser Abschätzungen sind weitere Studien zu konkreten Nutzen und ökotoxikologischen Effekten in Oberflächengewässern notwendig.

Als Ergänzung zur volkswirtschaftlichen Betrachtung von Ertüchtigungsmaßnahmen an Kläranlagen wurden deren ökologischen Auswirkungen mit der Methode der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment) beurteilt. Dabei hat sich gezeigt, dass mit den in dieser Studie gewählten Randbedingungen die Ozonung deutlich öko-effizienter ist als die Behandlung mit Pulveraktivkohle.

Im Mittelpunkt der Ergebnisdarstellung stand der Leitgedanke „Was ist der richtige Weg?“ zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Land Nordrhein-Westfalen. Neben den zuvor empfohlenen Maßnahmen an 393 der 645 Kläranlagen in NRW sind im Sinne des Multibarrierenprinzips auch Maßnahmen bei relevanten Hotspots (z. B. Industrie- und Krankenhausabwässer mit einem hohen Frachtanteil an persistenten Mikroschadstoffen) sowie Vermeidungsmaßnahmen (Verhinderung des Spurenstoffeintrages durch Aufklärung und Sammlung relevanter Frachtanteile) geeignet, um Spurenstofffrachten in NRW-Gewässern signifikant zu reduzieren und somit eine Verbesserung der Gewässerökologie herbeizuführen. Vor der Ertüchtigung einer Kläranlage oder der Behandlung eines anderen relevanten Hotspots muss immer eine Einzelfallprüfung zur Festlegung der am besten geeigneten Verfahrensvariante und den daraus resultierenden Kosten erfolgen.

Das Land Nordrhein-Westfalen unterstützt in diesem Zusammenhang sowohl Machbarkeitsstudien zur Verfahrensverifizierung und Kostenermittlung als auch die Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen um eine Verfahrensstufe zur Mikroschadstoffentfernung.

Maßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung ("End-of-pipe"-Maßnahmen) sind im Rahmen dieses Projektes ebenfalls berücksichtigt worden. Über die bereits im Bericht „Reine Ruhr“ empfohlenen Maßnahmen, die nun an der Ruhr durch die bis 2018 geplanten Erweiterungen der Trinkwasseraufbereitung zum Schutz vor nicht vorhersehbaren mikrobiologischen oder chemischen Verunreinigungen umgesetzt werden, werden hier keine weiteren Maßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung empfohlen. Dieser Stand der Technik sollte aber auch für alle Trinkwasseraufbereitungsanlagen mit ähnlichen Randbedingungen in NRW gelten. In Einzelfällen kann es zusätzlich allerdings sinnvoll sein, Kläranlagen an kleineren Gewässern und in unmittelbarer Nähe zur Trinkwasseraufbereitung ebenfalls zu ertüchtigen.

2 Einleitung

Das technische Niveau und die Leistungsfähigkeit abwassertechnischer Anlagen in Deutschland sind im internationalen Vergleich als hoch einzustufen. Dennoch können die vorhandenen Kläranlagen viele organische Spurenstoffe wie Arzneimittel und Industriechemikalien mit hoher ökotoxikologischer Relevanz sowie Keime und Viren nur bedingt zurückhalten. Der Eintrag dieser anthropogenen Spurenstoffe erfolgt aus unterschiedlichen Quellen (Haushalte, Gewerbe und Industrie, Krankenhäuser sowie Landwirtschaft) über verschiedene Pfade (Punktquellen: kommunale und industrielle Kläranlagen; diffuse Quellen: landwirtschaftlicher Flächeneintrag) und betrifft u. a. Gewässernutzungen zur Trinkwassergewinnung, als Badegewässer oder als Schifffahrtsstraße. Die Vermeidung bzw. Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen ist daher ein übergeordnetes wasserwirtschaftliches Ziel. Um für diese Herausforderungen Lösungskonzepte zu entwickeln, die sowohl technische als auch sozio-ökonomische Aspekte berücksichtigen, hat das MKULNV NRW das vorliegende Forschungsprojekt im Themenschwerpunkt *„Elimination von Arzneimitteln und organischen Spurenstoffen: Entwicklung von Konzeptionen und innovativen, kostengünstigen Reinigungsverfahren“* mit dem Ziel der Erstellung übertragbarer Kosten-Nutzen-Betrachtungen für kommunale Kläranlagen in Auftrag gegeben. Als Basis der Untersuchungen dienen einerseits umfangreiche Literaturlauswertungen zum Stand der Technik und der Wissenschaft. Andererseits wurden experimentelle Arbeiten im halb- und großtechnischen Maßstab der parallel durchgeführten Forschungsvorhaben des gleichen Themenschwerpunktes

berücksichtigt. Die Auswertungen sind auf die Ermittlung von Kosten, die Durchführung von Kostenvergleichen und eine Abschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens bei der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Elimination von Spurenstoffen fokussiert. Ziel ist es, eine Grundlage für wasserwirtschaftliche Entscheidungen zum vorsorgenden Gewässer- und Trinkwasserschutz in Nordrhein-Westfalen zu schaffen. Basierend auf relevanten und repräsentativen Spurenstoffströmen wurde ein Grundgerüst zur Bewertung von Maßnahmen zum Rückhalt bzw. zur Elimination von Einträgen an Mikroschadstoffen, Keimen und Viren erarbeitet.

Der erste Arbeitsschwerpunkt beinhaltete die Zusammenstellung von Methoden für Kosten- und Nutzenabschätzungen für die Elimination von Mikroschadstoffen an kommunalen Kläranlagen und anzupassen bzw. neu zu entwickeln. Basierend auf dem Beispiel der Ruhr erfolgte eine erste Abschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens der Ertüchtigung der kommunalen Kläranlagen um eine Verfahrensstufe zur Mikroschadstoffelimination. Ein Fokus lag dabei auf der Übertragbarkeit der Vorgehensweise auf andere Regionen, was durch die Anwendung der Methodik auf Gesamt-NRW erreicht wurde.

Darüber hinaus wurden Ertüchtigungsmaßnahmen im Vergleich zu Alternativstrategien zum Rückhalt von Spurenstoffen bewertet. Basierend auf dem Multibarrierenprinzip sind Maßnahmen an der Quelle (Vermeidung des Eintrags) ebenso betrachtet worden, wie Maßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung ("End-of-pipe"-Maßnahmen).

Im Mittelpunkt aller Arbeiten stand der Leitgedanke „**Was ist der richtige Weg?**“ zur Elimination von organischen Spurenstoffen, Arzneimitteln, Industriechemikalien, bakteriologisch relevanten Keimen und Viren für den Pfad der kommunalen Kläranlagen.

Konkret orientierte sich die Vorgehensweise im Rahmen dieses Projektes an folgenden Leitfragen:

1. Wie sind Kosten und Nutzen im Sinne des Projektes definiert?
2. Welche Nutzenaspekte im engeren und weiteren Sinne (nutzungsabhängige Ziele) können und welche sollten detaillierter betrachtet werden?
3. Welche Maßnahmen sind geeignet, die im Projektverlauf hergeleiteten Zielwerte für ausgewählte Mikroschadstoffe, Keime und Viren im Gewässer zu erreichen?
4. Wie ist der Beitrag von Vermeidungsstrategien und Maßnahmen an der Eintragsquelle einzuschätzen?
5. Wie kann eine Bewertung der Nutzenaspekte der Ertüchtigung von Kläranlagen durchgeführt werden?

6. Welche Kosten entstehen für die Ertüchtigung der Kläranlagen zum Erreichen der Ziele?
7. Welche groben Nutzenabschätzungen können diesen Kosten gegenüber gestellt werden?
8. Welche Handlungsempfehlungen können hieraus abgeleitet werden?

3 Ergebnisse

3.1 Wie sind Kosten und Nutzen im Sinne des Projektes definiert?

3.1.1 Herangehensweise bei der Berechnung der Kosten

Die Grundlage zur Ermittlung von allgemein gültigen Kostenfunktionen für Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten sowie spezifische Jahreskosten waren Veröffentlichungen zu Kosten aus Studien und realisierten Projekten zur Elimination von Mikroschadstoffen aus der Schweiz, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Betrachtet wurden die Verfahren Abwasser ozonung (O_3), Zugabe von pulverisierter Aktivkohle (PAK), Einsatz von granulierter Aktivkohle (GAK) und UV-Technologien. Die Entwicklung von allgemein gültigen Kostenfunktionen erfolgte für die im großtechnischen Einsatz derzeit evaluierten Verfahren der Ozonung und Pulveraktivkohleadsorption. Örtlich abweichende Randbedingungen können einen sehr großen Einfluss auf die tatsächlich entstehenden Kosten haben, woraus sich eine große Schwankungsbreite der auf NRW hochgerechneten Kosten ergeben kann. Die langjährigen Erfahrungen mit der Implementierung neuer Technologien in der kommunalen Abwasserbehandlung haben allerdings gezeigt, dass die Investitionskosten sinken, je mehr Anlagen errichtet werden. Darüber hinaus können durch Optimierungsprozesse auch die Betriebskosten reduziert werden.

Die Anlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen in NRW sollten aufgrund der geringen Konzentrationen auf den Trockenwetterzufluss ausgelegt werden. Hierdurch wird die effektive und weitgehende Elimination sichergestellt. Die bislang realisierten Anlagen, die meist hydraulisch dimensioniert wurden, sind nicht so großen Schwankungen ausgesetzt. Die Konzentration der Stoffe im Regenwetterfall ist somit i. d. R. wesentlich niedriger und die unmittelbare ökotoxikologische Wirkung der Mikroschadstoffe durch die Verdünnung in diesem Fall fraglich. Im Rahmen dieser Kostenstudie wird daher für die Auslegung vom einfachen Trockenwetterzufluss ausgegangen.

Die in diesem Projekt betrachteten Kosten sind ausschließlich Nettokosten. Zur Durchführung einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung auf Basis der Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR)-Leitlinien (LAWA, 2005) wurde die Annuitätenmethode angewendet. Für die Berechnung der Jahreskosten wurden auf Basis der KVR-Leitlinien Preissteigerungsraten ermittelt und angewendet. Zur Vergleichbarkeit der Verfahren erfolgte der Bezug auf spezifische Jahreskosten zu folgenden abwassertechnischen Kenngrößen:

- je m^3 behandeltes Abwasser
- je m^3 Frischwasser

Grundlage für diese Berechnungen war die NIKLAS-Datenbank (NIKLAS-KOM, 2011), aus der die Werte für die Abwassermenge und die Einwohner sowie Anlagentechnik entnommen wurden.

Für die Berechnung der spezifischen Jahreskosten je m³ Frischwasser wurden die EW der tatsächlich angeschlossenen Einwohner mit dem spezifischen Trinkwasserverbrauch (Haushalte und kleingewerbliche Betriebe) der Einwohner in NRW multipliziert. Dieser lag im Jahr 2007 und im Jahr 2010 bei 135 L/Einwohner und Tag (IT NRW, 2012). Zum Vergleich lag der Trinkwasserverbrauch im Bundesdurchschnitt bei 122 L/Einwohner und Tag (IT NRW, 2012).

In Bild 1 und Bild 2 sind die entsprechenden spezifischen Jahreskostenfunktionen der genannten Technologien aufgeführt.

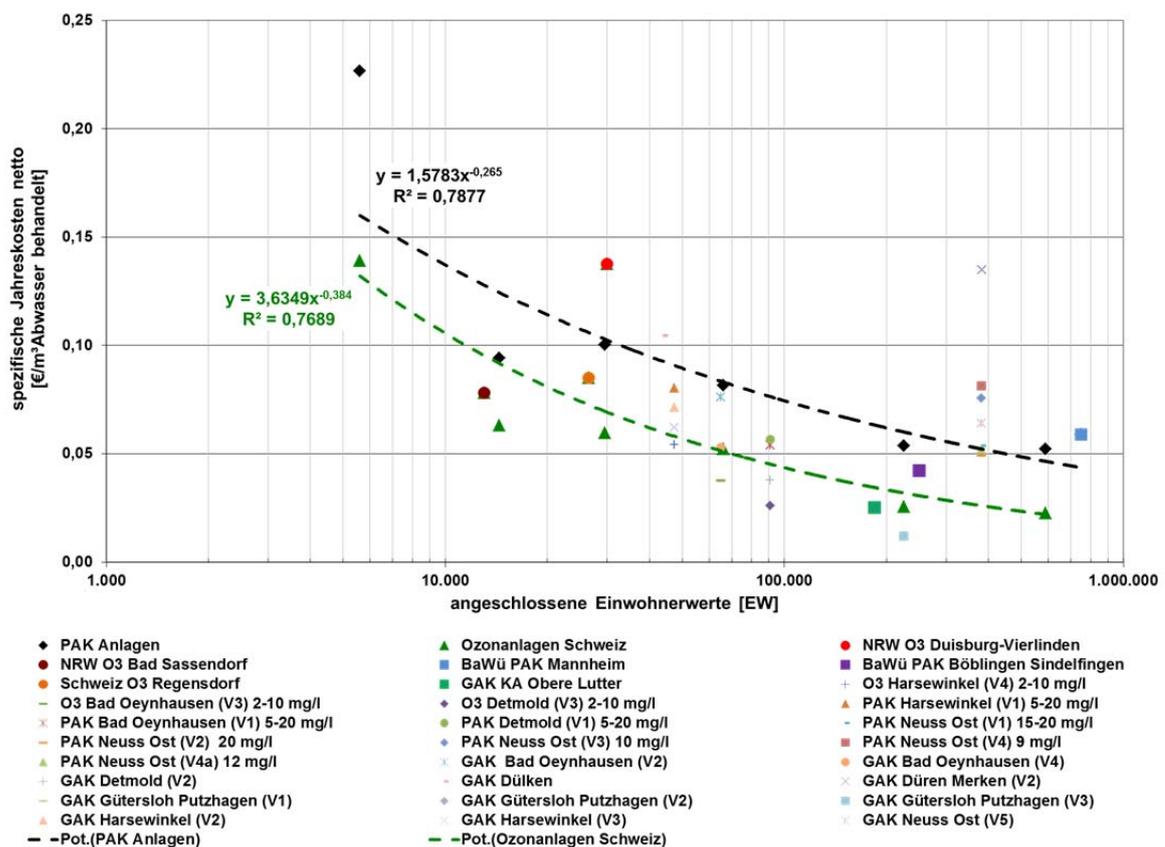


Bild 1: Spezifische Jahreskosten (Abwasserbezogen) für Aktivkohle-Behandlung und Ozonierung in Abhängigkeit der angeschlossenen Einwohnerwerte (Schweiz, Baden-Württemberg und NRW). Kostenfunktion aus realisierten Anlagen und Studien mit GAK-Anlagen.

Somit ergeben sich für eine Kläranlage mit einer Anschlussgröße von 100.000 EW Jahreskosten in Höhe von 0,04 bis 0,08 €/m³ behandeltes Abwasser bzw. 0,10 bis 0,15 €/m³ Frischwasser.

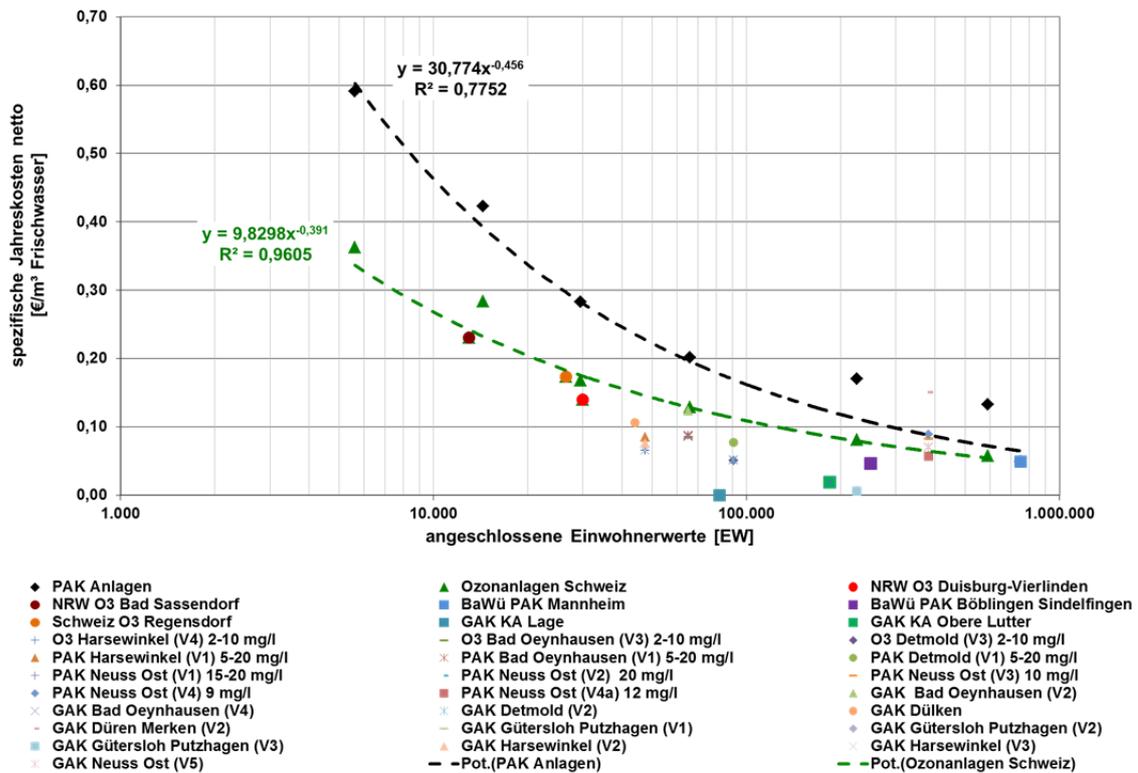


Bild 2: Spezifische Jahreskosten (Frischwasserbezogen) für Aktivkohle-Behandlung und Ozonierung in Abhängigkeit der angeschlossenen Einwohnerwerte (Schweiz, Baden-Württemberg und NRW). Kostenfunktion aus realisierten Anlagen und Studien mit GAK-Anlagen.

Aufgrund der erheblichen Einflussfaktoren (örtliche Randbedingungen, Datenbasis zum großen Teil aus Pilotanlagen usw.) auf die Kostenfunktionen ist mit einer großen Schwankungsbreite der Kosten zu rechnen. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass hier Kosten von Pilotanlagen in Ansatz gebracht wurden, um Kostenfunktionen abzuleiten.

Die langjährigen Erfahrungen mit der Implementierung von neuen Technologien in der kommunalen Abwasserbehandlung haben sehr deutlich gezeigt, dass bei einem vermehrten Einsatz derartiger Technologien über den Wettbewerb am Markt insbesondere die Investitionskosten deutlich sinken, je zahlreicher diese Anlagen eingesetzt werden. Außerdem setzen Optimierungsprozesse ein, die auch die Betriebskosten nochmals deutlich senken. Beispielhaft sei hier auf die Preisentwicklung für die Errichtung von Abwasserfiltrationsanlagen Mitte der 1980iger bis Ende 1990iger Jahre hingewiesen. So betragen die spezifischen Investitionskosten Ende der 1980iger Jahre noch 40.000 bis

50.000 DM/m³. Zum Ende der 1990iger Jahre sanken diese Werte auf 18.000 bis 25.000 DM/m³ (GASSEN, 1998). Diese 50%ige Kostenreduzierung für die Investitionskosten ist im Wesentlichen auf die Weiterentwicklung und Optimierung dieser Abwasserfiltrationsanlagen zurückzuführen.

Ein Anlagenoptimierungspotenzial für die Anlagen zur Mikroschadstoffelimination zeigt sich bereits jetzt. So gibt es zahlreiche Ansätze, die Dosierung von pulverisierter Aktivkohle nicht entsprechend den verfahrenstechnischen Vorgaben, abgeleitet aus der Kläranlage Ulm, durchzuführen. In einigen Anwendungsfällen mit Aktivkohle wird diese direkt auf die Abwasserfiltration gegeben oder das Filtermaterial gegen granuliert Aktivkohle ausgetauscht. Diese beiden Technologieansätze versprechen eine deutliche Kostenreduzierung gegenüber dem Verfahren aus Steinhäule-Ulm bei vergleichbarer Eliminationsleistung, das hier als Grundlage für die Ermittlung der Kosten für ganz NRW angesetzt wurde. Auch hinsichtlich der Abwasserozonung sind Optimierungen abzusehen, die dazu führen werden, dass die Investitionskosten hier deutlich sinken können. Aufgrund dieser Umstände ist ein deutliches Kostensenkungspotenzial auch für diese Technologie bei einem vermehrten Einsatz zu erwarten. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass es aufgrund der mit einem allgemeinen Ansatz abgeleiteten Kostenfunktionen ohne Berücksichtigung lokaler Randbedingungen bei einzelnen Projekten auch zu deutlich höheren Kosten bei der Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen zur Spurenstoffeliminierung kommen kann.

3.1.2 Nutzendefinitionen

Der volkswirtschaftliche Nutzen wird in diesem Projekt definiert als die bewertete Reduzierung der Wirkung von Spurenstofffrachten auf Menschen, Tiere, Natur und Gewässer.

Um den volkswirtschaftlichen Nutzen - d. h. nützlich bewertete Effekte aus der Durchführung einer Maßnahme zur weiteren Verringerung der Spurenstoffkonzentration - zu bestimmen, sind die relevanten Nutzungen in einem Flusseinzugsgebiet zu identifizieren. Aus der Charakterisierung eines Flusseinzugsgebietes lassen sich folgende Nutzungen unterscheiden:

- Nutzungen des seitlichen Einzugsgebietes (z. B. Siedlungsnutzung),
- Nutzungen des Oberflächenwasserkörpers (z. B. Aufstauen und Absenken),
- Nutzungen des Grundwasserkörpers (z. B. Einleiten und Einbringen).

Hinsichtlich der Nutzungen ist zwischen belastenden Nutzungen (also Emissionsquellen) und beeinträchtigten Nutzungsmöglichkeiten - infolge negativer Wirkungen auf Nutzungen - zu unterscheiden. So führt z. B. die Arzneimittelverwendung in Krankenhäusern und Haushalten zu Belastungen. Aus dem Wasserkörper entnommenes spurenstoffbelastetes Trinkwasser hingegen kann negative Auswirkungen auf die Verwendung von Trinkwasser in Haushalten und Krankenhäusern haben.

Nutzen entsteht, wenn durch die Reduktion oder Elimination eines Spurenstoffes nachteilig bewertete Zustände verbessert oder Kosten eingespart werden. Beispiele dafür können sein: ein verbesserter Zustand von Flora und Fauna, der verbesserte Gesundheitsschutz im Sinne des Vorsorgeprinzips oder ein verringerter Aufwand bei der Trinkwasseraufbereitung.

3.2 Welche Nutzenaspekte im engeren und weiteren Sinne (nutzungsabhängige Ziele) können betrachtet werden und welche sollten detaillierter betrachtet werden?

Je konkreter der volkswirtschaftliche Nutzen von Maßnahmen zur Kläranlagenerüchtigung ermittelt werden soll, desto wichtiger ist die Verfügbarkeit von detaillierten naturwissenschaftlichen Informationen. Die zuordenbaren Nutzen können nur bestimmt werden, wenn vorab der naturwissenschaftlich-technische Nachweis bzw. eine begründete Vermutung über das Vorhandensein nützlicher Effekte vorliegt.

Es ist davon auszugehen, dass die Verbesserung der Gewässerqualität durch die vorgeschlagenen Maßnahmenvarianten (siehe Kapitel 3.3) mit positiven Effekten für die Oberflächengewässer einhergeht. Technischen Maßnahmen zur Reduzierung der Spurenstoffeinträge sind Kosten zugeordnet und das Ausmaß der reduzierten Gewässereinträge ist bestimmt worden. Des Weiteren wurde ein Vorgehen erarbeitet, mit denen sich der volkswirtschaftliche Nutzen grundsätzlich bewerten lässt. Zudem erfolgte die Ableitung und Zusammenstellung von notwendigen Informationen, um Nutzen abschätzen zu können. Dazu sind nützliche und schädliche Effekte ermittelt worden. Nicht quantifizierbare Effekte wurden qualitativ beschrieben.

Zur Schließung der Argumentationskette *„Reduzierte Einträge führen zu einer Änderung von Gewässereigenschaften und resultieren in positiven Effekten“* bestehen hinsichtlich der ökotoxikologischen Effekte Wissensdefizite, welche insbesondere eine abgestufte Bewertung für unterschiedliche Spurenstoffkonzentrationen derzeit noch nicht hinreichend ermöglichen. Vor diesem Hintergrund wurden bestehende Wissenslücken aufgezeigt, erste

wissenschaftliche Abschätzungen für mögliche Effekte vorgenommen und weiterer Forschungsbedarf abgeleitet.

Daher konnten den innerhalb dieses Projektes betrachteten einzelnen Maßnahmen und den mit ihnen einhergehenden Kosten keine korrelierenden Nutzen gegenübergestellt werden. Spurenstoffspezifische Bewertungsstudien liegen nicht vor. Mit einem Benefit-Transfer wurden Ergebnisse aus allgemein ausgerichteten Studien zur Bewertung von besserer Gewässerqualität übertragen. Neben Folgen für die Gewässerökologie waren auch die Folgen von rigiden Maßnahmen wie Angelverboten, Badeverboten und Verbot der Rohwasserentnahme (direkt, indirekt) aus einem Gewässer nur grob aufzuzeigen. Dargestellt wurden anhand von Durchschnittswerten auch Kosten eines möglichen krankheitsbedingten Ausfalls von Arbeitskräften. Die Wahrscheinlichkeiten dafür, dass Belastungen mit Spurenstoffen usw. zu solchen Verboten und Ausfällen führen, konnten hingegen nicht abgeschätzt werden.

3.3 Welche Maßnahmen sind geeignet, die im Projektverlauf hergeleiteten Zielwerte für ausgewählte Mikroschadstoffe, Keime und Viren im Gewässer zu erreichen?

Zur Reduktion von Spurenstoffen, Keimen und Viren in Oberflächengewässern sind prinzipiell die nachfolgend aufgeführten Handlungsoptionen geeignet:

- Vermeidung oder Substitution von persistenten Spurenstoffen,
- Behandlung von Punktquellen am Eintragsort (vor der Kläranlage),
- Behandlung von Kläranlagen- und Direkteinleiterabläufen und
- Abstellung diffuser Eintragsquellen.

Im Rahmen dieses Projektes wurden sieben Maßnahmenvarianten betrachtet, aus denen drei Maßnahmenhauptvarianten entwickelt worden sind, die es ermöglichten, zum einen die Grundgedanken der Maßnahmenvarianten umzusetzen und zum anderen Aussagen hinsichtlich der volkswirtschaftlichen Kosten und Auswirkungen sowohl für das Flusseinzugsgebiet der Ruhr als auch für ganz NRW zu treffen. Dabei lag der Fokus innerhalb des Projektes neben eintragsvermindernden Ansätzen auf kommunalen Kläranlagen. Die Kläranlagen wurden unterschieden hinsichtlich ihrer Lage (z. B. an trinkwasserrelevanten Gewässern) und nach ihrer verfahrenstechnischen Gestaltung (z. B. ausgerüstet mit einer Filtrationsanlage). Hierauf beruhte die Entwicklung der folgenden Maßnahmenhauptvarianten:

- **Maßnahmenhauptvariante 1: „Gewässerökologie“**
Betrachtung der Zielwerterreichung an den ausgewählten Bilanzierungsknoten der Hauptgewässer von 0,1 µg/L Diclofenac und 0,5 µg/L Carbamazepin sowie einer Frachtreduktion von über 80% bei der Ertüchtigung aller Kläranlagen.
- **Maßnahmenhauptvariante 2: „Priorisierung nach Vorausstättung“**
Betrachtung der Zielwerterreichung bei ausschließlicher Ertüchtigung von Kläranlagen mit vorhandener Filtrationsanlage.
- **Maßnahmenhauptvariante 3: „Priorisierung nach Trinkwasserrelevanz“**
Betrachtung der Kläranlagenertüchtigung im unmittelbaren Einzugsbereich der Trinkwassergewinnung.

Die zur Verfügung stehende Datenbasis zu Eintrag, Verhalten und Eliminierungsmöglichkeiten ausgewählter Mikroschadstoffe an kommunalen Kläranlagen ist recht umfassend, wohingegen die Datenlage für Keime und Viren als auch Einträge aus anderen Quellen, wie z. B. der Landwirtschaft oder industriellen Einleitungen, nur schwer abschätzbar ist. Vorgaben für Spurenstoffe gibt es derzeit kaum. Industrielle Einleitungen von Indirekteinleitern sind über die Anhänge der Abwasserverordnung geregelt oder es existieren, wie im Fall von Perfluorierten Substanzen (PFT), Sonderregelungen. Krankenhäuser wurden, bis auf spezielle Einzelfälle, bislang nicht als Hotspots eingestuft. Aus der PILLS-Studie und dem im gleichen Forschungsschwerpunkt geförderten Teilprojekt 3 „Krankenhausabwasser“ geht jedoch hervor, dass auf Krankenhäuser als Emissionsquelle ca. 20 % des Gesamteintrages von Arzneimittelrückständen zurückzuführen ist. Bei einzelnen Arzneimittelwirkstoffen wie z. B. Röntgenkontrastmitteln, Reserveantibiotika oder Mitteln aus der Intensivmedizin kann der aus Krankenhäusern stammende Frachtanteil am Zulauf einer Kläranlage allerdings auch über 50 % liegen (PILLS, 2012, Seidel et al., 2013). Bei einem solch hohen Frachtanteil an Arzneimittelrückständen muss die Einstufung von Krankenhäusern als relevanter Indirekteinleiter in Betracht gezogen werden. Für das am meisten diskutierte Schmerzmittel Diclofenac liegt der Frachtanteil i. d. R. deutlich unter einem Prozent. An Kläranlagen erfolgt die Behandlung von Krankenhausabwässern zusammen mit Abwässern von industriellen und gewerblichen Indirekteinleitern, so dass zur Erreichung von Zielwerten in Oberflächengewässern Maßnahmen an Kläranlagen aufgrund des größten Frachtanteils die wirksamste Handlungsoption darstellen.

Im Hinblick auf den Eintrag von Keimen und Viren ist festzustellen, dass bei einer Ertüchtigung von Kläranlagen (Ozonung, Pulveraktivkohleadsorption und UV-Desinfektion) zwar zusätzliche Barrieren geschaffen und damit die hygienisch-

bakteriologischen / parasitologischen Grundfrachten verringert werden, aber über Einträge aus Mischwasserentlastungen und diffusen Quellen insbesondere bei Starkregenereignissen weiterhin relevante Einträge gegeben sind. Von daher ist insbesondere der Bereich der Mischwasserentlastungen zu betrachten, wenn Handlungsbedarf hinsichtlich einer Eintragsverminderung von hygienisch relevanten Organismen besteht. Zielwerte oder die Ableitung von Maßnahmen wie die an der Isar durchgeführte UV-Desinfektion oder Einschränkungen beim Badeverbot existieren für diesen Bereich allerdings nur bei Nutzung als Badegewässer.

3.4 Wie ist der Beitrag von Vermeidungsstrategien und Maßnahmen an der Eintragsquelle einzuschätzen?

Aus Kenntnis der spezifischen Applikationen kann durch eine veränderte Anwendungspraxis oder durch Entwicklung umweltfreundlicher Arzneimittelwirkstoffe eine Reduzierung von unerwünschten Arzneimittelwirkstoffen im Wasserkreislauf erreicht werden. Von sehr großem Interesse ist in Fachkreisen eine Klassifizierung von - aus therapeutischer Sicht - vergleichbaren Wirkstoffen unter Umweltaspekten. Die Umsetzung könnte in Anlehnung an das schwedische System erfolgen (Agerstrand, 2009, www.fass.se/environment) und mit einer breiten Informationskampagne bei Apothekern, Ärzten und Patienten gestartet werden. In diesem Zuge müssen neben einer noch effektiveren Aufklärung von Bürgern über Einsatz und Entsorgung von Arzneimitteln (MUNLV NRW, 2007) auch Schulungen von Apothekern und Ärzten in Hinblick auf Umweltauswirkungen und Therapiealternativen durchgeführt werden. Der konkrete Beitrag dieser Vermeidungsstrategie ist derzeit allerdings weder qualitativ noch quantitativ abschätzbar. Gleiches gilt aufgrund fehlender Studien für die Wirksamkeit der schwedischen Arzneimittelklassifizierung.

Neben der generellen Möglichkeit einer Eintragsverminderung durch die Abwasserbehandlung in kommunalen Kläranlagen können allerdings auch in Einrichtungen des Gesundheitswesens Arzneimittelfrachten effektiv durch organisatorische und technische Maßnahmen reduziert werden. Dabei ist unter hygienischen Aspekten das Vorkommen von multiresistenten Bakterien und pathogenen Keimen in Krankenhausabwässern kritischer zu bewerten, als die Belastungen in kommunalen Kläranlagen. Darüber hinaus führt die dezentrale Vor-Ort-Behandlung von Abwässern aus der Punktquelle Krankenhaus zur Verringerung von Eintragsrisiken durch beschädigte Kanäle oder durch Mischwasserentlastungen für Grund- und Oberflächengewässer.

Für die bei der weitergehenden Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung nur schwer eliminierbaren Röntgenkontrastmittel (RKM) könnte die Sammlung und getrennte Entsorgung von Patientenurin ein effektiver Weg zur Entlastung der Umwelt sein. Neben Krankenhäusern müssten bei der Umsetzung dieses Weges auch Radiologische Praxen, in denen etwa 50% der Röntgenkontrastmittel verabreicht werden, zusätzlich integriert werden. Allerdings wäre dies eine wirksame Vorsorgemaßnahme, die unmittelbar am Eintrag einer unerwünschten Stoffklasse in den Wasserkreislauf ansetzt. Aus ökotoxikologischer Sicht besteht bezüglich der RKM nach derzeitigem Wissensstand kein Handlungsbedarf. Der Bedarf wird aus Vorsorgegründen v. a. für die Trinkwassergewinnung gesehen, um die Entstehung von Transformationsprodukten bei der Trinkwasseraufbereitung zu vermeiden.

Auch die WHO (2012) fordert zurzeit in ihrem aktuellen Technical Report zu Arzneimitteln im Trinkwasser in erster Linie die Umsetzung von eintragsvermindernden Maßnahmen wie z. B. gesellschaftliche Aufklärung und Arzneimittel-Rücknahme-Programme.

3.5 Wie kann eine Bewertung der Nutzenaspekte der Ertüchtigung von Kläranlagen durchgeführt werden?

Im Projekt wurden der Nutzenabschätzung weitgehend Ergebnisse aus anderen Untersuchungen, die auf hypothetischen Zahlungsbereitschaften für eine verbesserte oder nicht weiter verschlechterte Gewässerqualität im Allgemeinen beruhen, zugrunde gelegt. Tatsächliche Zahlungsbereitschaftsanalysen für Spurenstoffminderungen liegen nicht vor. Daneben wurden im Falle einer Kläranlagenertüchtigung entfallende Ausgaben (z. B. für Mineralwasserkäufe) als potenzielle Nutzen angesetzt.

Zur weitergehenden Konkretisierung der Nutzenabschätzungen empfiehlt sich ein themenspezifisches Vorgehen, das auf die spezifischen Effekte von Spurenstoffminderungen ausgerichtet ist. Die Auswertung von Studien und Datenmaterial hat ergeben, dass konkrete Untersuchungen zum Nutzen von Spurenstoffeliminationen und Material, mit dem eine fokussierte spurenstoffbezogene Nutzenabschätzung vorgenommen werden kann, nicht vorliegen. Aufgrund dieser großen Wissenslücken sind die zu bewertenden Effekte bislang nur grob und verhältnismäßig vage darzustellen. Entsprechend können auch zum Nutzen einer Reduzierung von Spurenstoffeinträgen nur sehr vage Angaben gemacht werden. Wird der Nutzen beispielsweise in Form einer monetären Zahlungsbereitschaft über Befragungen der betroffenen Bürger, evtl. ergänzend von Experten, ermittelt, können konkretere Informationen über die Wertschätzung für eine Spurenstoffminderung/-elimination gewonnen werden.

3.6 Welche Kosten entstehen für die Ertüchtigung der Kläranlagen zum Erreichen der Ziele?

Zur Beantwortung dieser Frage

- wurde ein Übersichts-Modell zur Bilanzierung der resultierenden Konzentrationen in den großen Oberflächengewässern in NRW im Ist-Zustand und nach Umsetzung von Maßnahmen aufgestellt,
- wurden Kostenfunktionen für die Abschätzung von Maßnahmenkosten basierend auf Erfahrungen aus bereits umgesetzten Maßnahmen abgeleitet und
- Kosten für unterschiedliche Ertüchtigungsvarianten an Kläranlagen abgeschätzt.

3.6.1 Welche Mikroschadstoffe und nutzungsabhängigen Ziele wurden berücksichtigt?

Aufgrund der guten Datenbasis über ihr Vorkommen in Gewässern (Umweltkonzentrationen) und deren ökotoxikologische Eigenschaften erfolgte die detaillierte Analyse von Ertüchtigungsmaßnahmen an kommunalen Kläranlagen anhand der beiden Leitparameter Diclofenac und Carbamazepin. Für die Bewertung von Oberflächengewässern wurden Zielwerte von 0,1 µg/L bzw. 0,5 µg/L für eine „gute Gewässerökologie“ im Rahmen der Projektbearbeitung und in Abstimmung mit dem LANUV NRW festgelegt. Für bisher nicht bewertete anthropogene Spurenstoffe, Metabolite und Transformationsprodukte aus punktuellen oder diffusen Einträgen wird ein Vorsorgewert von 0,1 µg/L vorgeschlagen.

3.6.2 Wie ist das Bilanzmodell aufgebaut?

Die Immissionsbetrachtung der Belastungen von Gewässern hat zum Ziel, für Nordrhein-Westfalen den Eintrag von Mikroverunreinigungen gewässerbezogen an den Hauptgewässern zu modellieren und auf Basis der Modellergebnisse zu bewerten. Der Ansatz basiert auf der kumulativen Bilanzierung von Frachten, wobei die Konzentrationen mit Bezug auf die langjährigen ermittelten mittleren Niedrigwasserabflüsse (MNQ) an den Bilanzknoten berechnet werden. Als Eingangswert dient die mittlere Verbrauchsmenge pro Einwohner, basierend auf den jährlichen Verbrauchsmengen der Wirkstoffe wie vom Umweltbundesamt in 2011 ermittelt (UBA, 2011), unter Berücksichtigung von stoffspezifischen Faktoren (Metabolisierung bzw. Ausscheidungsrate, Abbau/Verluste in der Kanalisation, Abbau bzw. Entfernung in konventionellen Kläranlagen). Als Standort von potenziellen Maßnahmen zur Reduzierung der betrachteten Mikroschadstoffe wurden im Bilanzierungsmodell nur Kläranlagen berücksichtigt. Weitere Maßnahmen an anderen Stellen wie z. B. Teilstrombehandlung in Krankenhäusern oder Umsetzung von

Vermeidungsstrategien konnten bei dieser modellhaften Betrachtung nicht einbezogen werden.

3.6.3 Welcher Maßnahmenbedarf bei Kläranlagen ergibt sich aus der Worst-Case-Betrachtung?

In Bild 3 wird für Diclofenac die mit dem Bilanzmodell berechneten Gewässerkonzentrationen an den 46 Bilanzierungsknoten (überwiegend Überblicks-Messstellen) bei Trockenwetter ohne Ertüchtigungsmaßnahmen basierend auf den langjährig ermittelten mittleren Niedrigwasserabflüssen (MNQ) dargestellt. Bei den „Überblicksmessstellen“ handelt es sich um GÜS-Messstellen (GÜS: Gewässerüberwachungssystem in NRW), die strategisch so positioniert sind, dass eine überblicksweise Erfassung und Bilanzierung der flussgebietsspezifischen Belastungssituation (Frachtabschätzung) für die Hauptgewässer und größeren Nebengewässer sowie an wasserwirtschaftlich wichtigen „Knotenpunkten“ möglich ist. Diese „Bilanzierungsknoten“ befinden sich jedoch nicht zwingend im Bereich der höchsten Schadstoffkonzentration, die unmittelbar unterhalb der Einleitungsstellen von Kläranlagen insbesondere an kleineren Gewässern anzutreffen ist (MKULNV, 2013 bzw. Götz et al., 2012).

Bezogen auf diese Bilanzierungsknoten wird der Zielwert von 0,1 µg/L für Diclofenac an fast allen Stellen im „Ist-Zustand“ rechnerisch überschritten (blau: Zielwert eingehalten, orange: Zielwert überschritten). Lediglich an sechs der betrachteten Bilanzierungsknoten wird dieser unterschritten. An allen übrigen Bilanzierungsknoten entlang der größeren Fließgewässer in NRW kommt es bei der „Ist-Situation“ zum Teil zu deutlichen Überschreitungen.

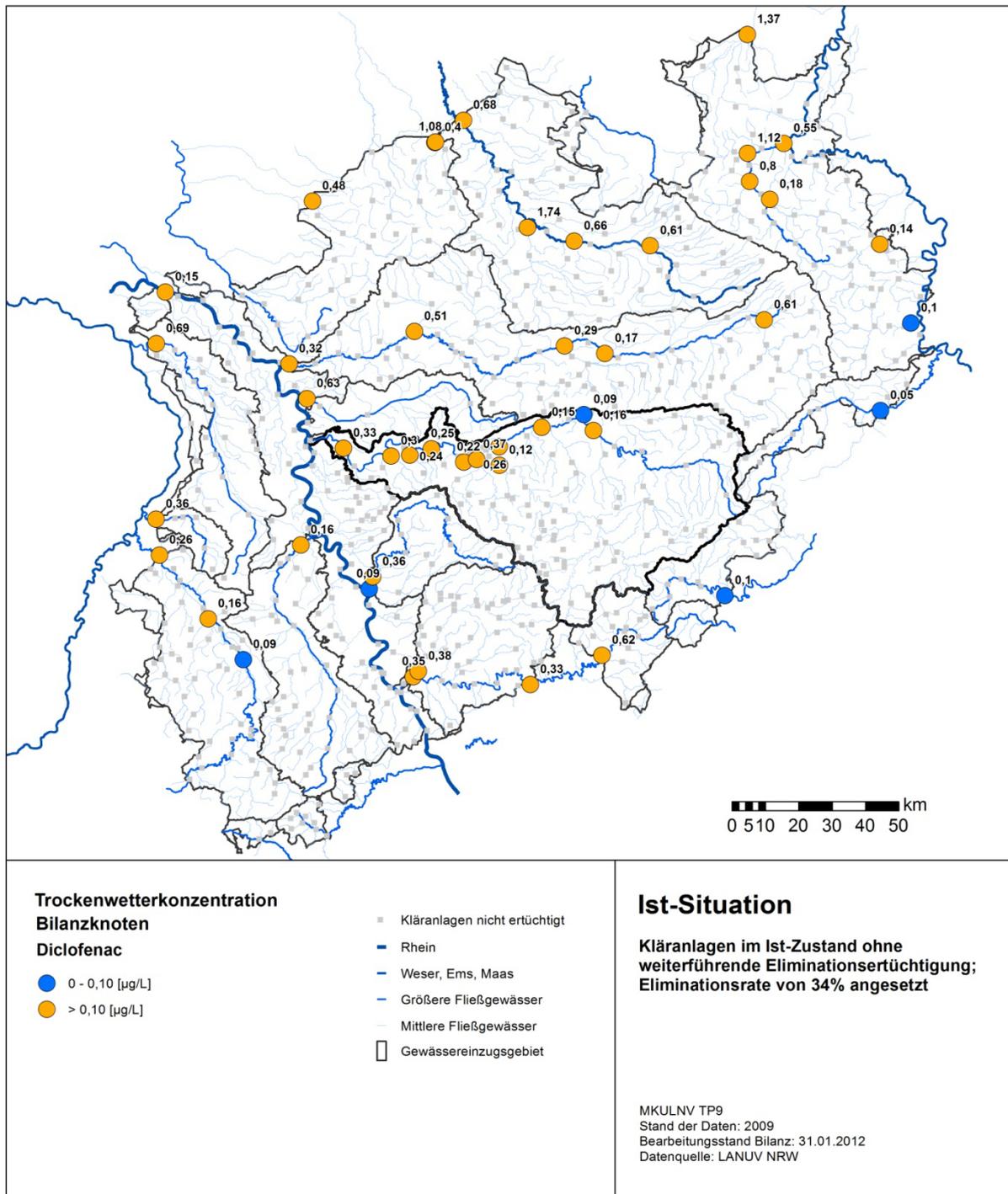


Bild 3: Bilanzergebnisse Diclofenac - Gewässerkonzentrationen bei Trockenwetter ohne Ertüchtigungsmaßnahmen (Ist-Situation) und bezogen auf einen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) für Bilanzierungsknoten in NRW

Die Betrachtung der drei Maßnahmenhauptvarianten „Gewässerökologie“, „Priorisierung nach Vorausstufung“ und „Priorisierung nach Trinkwasserrelevanz“ mittels Frachtbilanzierung hat ergeben, dass die Zielwerterreichung an den ausgewählten Bilanzierungsknoten **der Hauptgewässer** und eine Frachtreduktion von über 80% für die

projektspezifischen Leitparameter Diclofenac und Carbamazepin durch die Ertüchtigung aller Kläranlagen der Größenklassen IV und V erreicht wird (Umsetzung der Maßnahmenhauptvarianten „Gewässerökologie“). In Bild 4 sind die Gewässerkonzentrationen für Diclofenac dieser Maßnahmenhauptvariante 1 dargestellt.

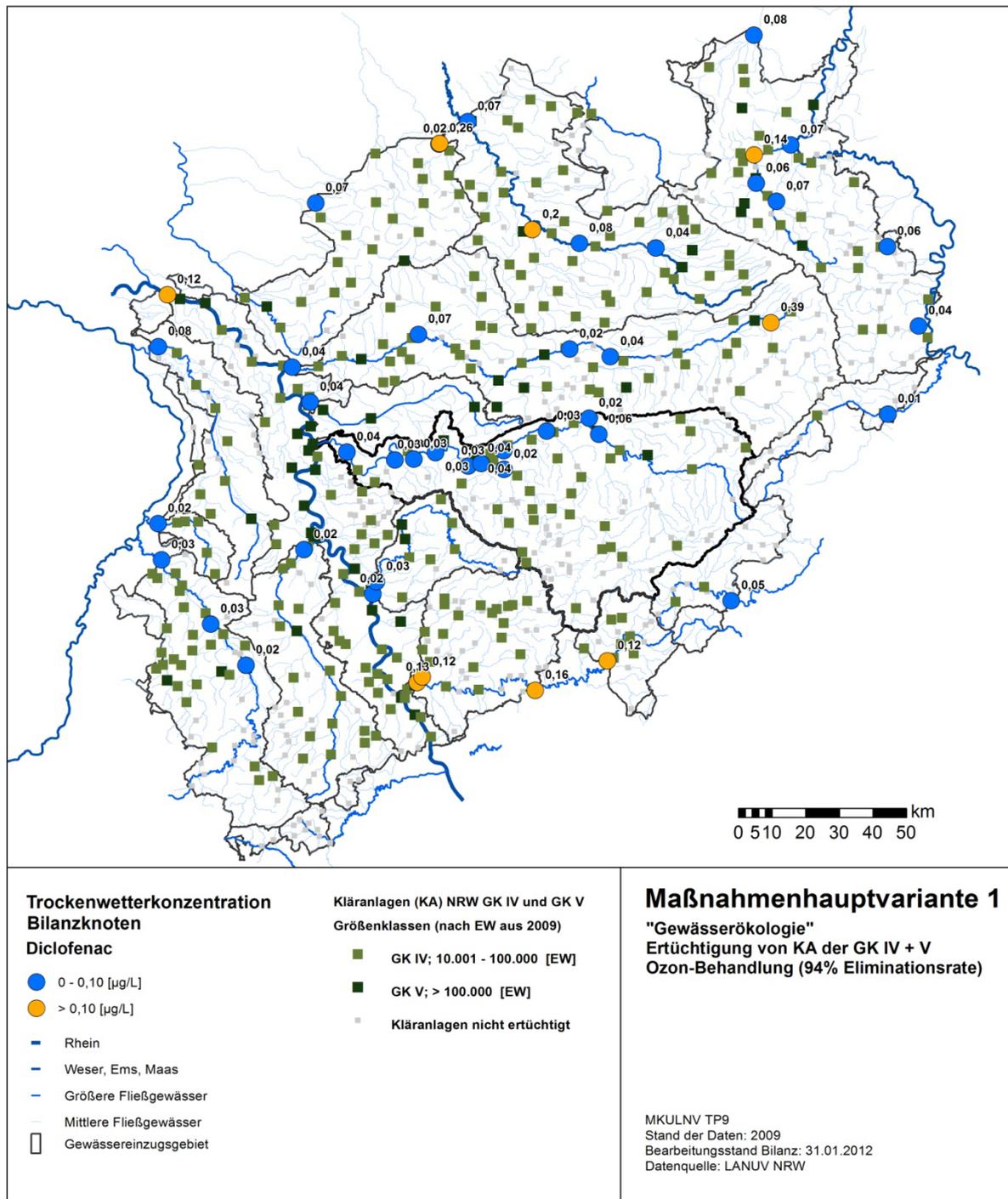


Bild 4: Bilanzergebnisse Diclofenac Gewässerkonzentrationen bei Trockenwetter der Maßnahmenhauptvariante 1 „Gewässerökologie“ bezogen auf einen mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) für Bilanzierungsknoten in NRW

Bei Ertüchtigung von Kläranlagen mittels Ozonierung mit einer Eliminierungsrate von 94% in der Maßnahmenhauptvariante „Gewässerökologie“ wird der Zielwert für die Ruhr und für die meisten hier betrachteten Bilanzknoten in NRW eingehalten. Überschreitungen liegen an Lippe, Ems, Sieg, an den Weserzuflüssen sowie am Rhein vor. Die bei dieser Variante nicht einbezogenen Kläranlagen der Größenklassen I bis III gehen ohne weiterführende Verminderung der Arzneimittelfracht in die Bilanz mit ein. Das Einzugsgebiet der Lippe weist im Oberlauf eine mittlere bis große Einwohnerdichte bei gleichzeitig vergleichsweise niedrigen Abflüssen auf. Eine ähnliche Situation gibt es an der Werse im Einzugsgebiet der Ems. An der Werse reicht schon die Steigerung der Elimination auf 95% zur Einhaltung des Zielwerts, was durch eine betriebliche Optimierung möglich ist.

3.6.4 Was kostet die Ertüchtigung von Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen in NRW und im Ruhreinzugsgebiet?

Die Investitionskosten für die flächendeckende Ertüchtigung der 645 Kläranlagen liegen je nach eingesetztem Verfahren zwischen 657 Mio. € bei einer Ertüchtigung mit Ozon ohne Nachbehandlung und 1.703 Mio. € bei einer Ertüchtigung mit Ozon und anschließender Nachbehandlung mittels Sandfiltration. Basierend auf den Ergebnissen der Projekte Micropol (BAFU, 2009) und PILLS (PILLS, 2012) wird die Notwendigkeit einer Nachbehandlung in der Fachöffentlichkeit diskutiert. Insofern müssen entsprechende Kosten für eine Nachbehandlung (z. B. Sandfiltration) gegebenenfalls im Einzelfall berücksichtigt werden. Im Rahmen der ebenfalls innerhalb des Themenschwerpunktes vom MKULNV NRW beauftragten Teilprojekte TP 6 und TP 10 werden derzeit verschiedene Varianten der biologischen Nachbehandlung (Wirbelbettverfahren, Schönungsteich und dynamische Rezirkulation) auf ihre Wirksamkeit hin untersucht.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass, falls eine biologische Nachbehandlung nach der Ozonung nicht erforderlich und eine Weiternutzung der vorhandenen Flockungsfiltrationsanlagen ohne zusätzliche Investitionen möglich ist, ist die Ertüchtigung auf Kläranlagen mit vorhandener Filtrationsanlage durch den Einsatz von Pulveraktivkohle und auf Kläranlagen ohne Filtrationsanlage durch die Ozonung im Hinblick auf die entstehenden Kosten in der Regel die wirtschaftlichste Lösung darstellt.

Im Falle einer Ertüchtigung der 43 Kläranlagen der Größenklassen IV und V im Einzugsgebiet der Ruhr werden mehr als 80% der bilanzierten Fracht (von Diclofenac und Carbamazepin) in der Ruhr reduziert und im Fall mittlerer Niedrigwasserabfluss (MNQ) die Zielwerte an den betrachteten Bilanzknoten entlang des Hauptgewässers eingehalten. Für NRW liegt bei 393 zu ertüchtigenden Kläranlagen der Größenklassen IV und V die

potentielle Frachtreduktion von Diclofenac und Carbamazepin bei über 80%. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, für weitergehende Betrachtungen die Maßnahmenhauptvariante „Gewässerökologie“ zu Grunde zu legen, wenn die vorgenannten Ziel- und Vorsorgewerte auch bei mittleren, langjährigen Niedrigwasserabflüssen dauerhaft unterschritten werden sollen.

In den 393 Kläranlagen der Größenklassen IV und V, die rund 60% aller Kläranlagen in NRW darstellen, werden 98% der in NRW angeschlossenen EW (Einwohner/Haushalte, Industrie und Gewerbe) erfasst. Darunter fallen fast alle Kläranlagen, die über eine Flockungsfiltrationsanlage verfügen. Für die Umsetzung von Ertüchtigungsmaßnahmen an allen Kläranlagen der Größenklassen IV und V wurden notwendige Investitionen von insgesamt ca. 100 Mio. € netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 886 Mio. € netto bei den 393 zu ertüchtigenden NRW-Kläranlagen ohne Berücksichtigung einer evtl. notwendigen biologischen Nachbehandlung ermittelt. Hinzu kommen noch ca. 7,2 Mio. €/a netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 79 Mio. €/a netto für NRW an Betriebskosten, die auf der Annahme einer Dosierung von 5 mg O₃/L beziehungsweise 10 mg PAK/L basieren. Daraus ergeben sich Jahreskosten von ca. 14,7 Mio. € netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 144 Mio. € netto für das Land NRW.

Falls eine Nachbehandlung nach der Ozonung mit Filtration angesetzt wird, fallen zur Ertüchtigung aller Kläranlagen der Größenklassen IV und V Investitionen (Ozonung und Filtration) von schätzungsweise ca. 226 Mio. € netto für das Ruhreinzugsgebiet und ca. 1.187 Mio. € netto für NRW an. Entsprechend würden für diesen Fall rund 21 Mio. €/a netto (Ruhr) bzw. 111 Mio. €/a netto (NRW) an Betriebskosten und damit ca. 38 Mio. €/a netto (Ruhr) bzw. ca. 200 Mio. €/a netto (NRW) an Jahreskosten entstehen.

In Tabelle 1 sind die Ertüchtigungskosten nach Größenklassen und die möglichen Ertüchtigungsmaßnahmen zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 1: Überblick Kosten der Ertüchtigung von Kläranlagen in NRW (angeschlossene E + EW).

| Nr. | Alle Kläranlagen in NRW | | | Ozon ohne Nachbehandlung ² (nur KA ohne Filtration) | | | | | Pulveraktivkohle (nur KA mit Filtration) | | | | |
|-----|---|--------|------------------|---|------------------|------------------|-------------------|--------------|---|------------------|------------------|-------------------|--------------|
| | Gr.-KL | Anzahl | Mio (E + EGW) | Anzahl | Mio (E + EGW) | Invest Mio. € | Betrieb Mio. € | JK Mio. € | Anzahl | Mio (E + EGW) | Invest Mio. € | Betrieb Mio. € | JK Mio. € |
| | I | 58 | 0,02 | 58 | 0,02 | 10,0 | 2,7 | 3,5 | - | - | - | - | - |
| | II | 120 | 0,3 | 116 | 0,3 | 57,0 | 5,8 | 10,1 | 4 | 0,01 | 6,6 | 0,2 | 0,6 |
| | III | 74 | 0,4 | 69 | 0,4 | 56,8 | 3,9 | 8,2 | 5 | 0,03 | 8,5 | 0,2 | 0,8 |
| | IV | 325 | 9,7 | 262 | 7,6 | 396,5 | 23,7 | 53,7 | 63 | 2,1 | 149,6 | 9,6 | 20,2 |
| | V | 68 | 17,5 | 33 | 9,4 | 137,1 | 19,2 | 29,6 | 35 | 8,1 | 202,8 | 26,4 | 40,4 |
| 1 | Alle KA | 645 | 27,9 | 538 | 17,7 | 657,4 | 55,3 | 105,1 | 107 | 10,2 | 367,5 | 36,3 | 62,0 |
| 2 | Alle KA <u>ohne</u> Filter | 538 | 17,7 | 538 | 17,7 | 657,4 | 55,3 | 105,1 | | | | | |
| 3 | IV + V | 393 | 27,2 | 295 | 17,0 | 533,6 | 42,0 | 83,2 | 98 | 10,2 | 352,4 | 36,0 | 60,6 |
| 4 | IV + V <u>ohne</u> vorh. Filter | 295 | 17,0 | 295 | 17,0 | 533,6 | 42,0 | 83,2 | | | | | |
| 5 | alle KA <u>mit</u> vorh. Filter ¹ | 107 | 10,2 | | | | | | 107 | 10,2 | 367,5 | 36,3 | 62, |

¹ Unter der Annahme, dass vorhandene Filter ohne zusätzliche Investitionen verwendet werden können.

² Die Kosten inkl. ggf. erforderlicher Nachbehandlung mittels Sandfiltration sind in der Langfassung des Berichtes dargestellt.

3.7 Welche groben Nutzenabschätzungen können diesen Kosten gegenüber gestellt werden?

Die Ermittlung eines sich durch die Ertüchtigung von Kläranlagen ergebenden Gesamtnutzens war im Rahmen dieses Projektes nur unter der Annahme bestimmter Wertschätzungen, Beiträge, Wahrscheinlichkeiten und Anteile für einige ausgewählte Nutzenkomponenten (Freizeitangeln, Baden, vermindertes Erkrankungsrisiko, Substitution von Leitungswasser durch Mineralwasser sowie Gewässerökologie) möglich. Für die erstgenannten Nutzenkomponenten wurden anhand von themenspezifischen Studien und Statistiken Wertschätzungen ermittelt. Der für die verbesserte Gewässerqualität bestimmte Nutzen ist mangels spurenstoffspezifischer Untersuchungen weitgehend aus Studien und Daten ermittelt worden, in denen diese Stoffe explizit keine Rolle spielen. In den ausgewerteten Arbeiten wurden allgemein Gewässerqualitätsverbesserungen bewertet, wozu reduzierte Spurenstoffe einen unbekanntenen – und in den Untersuchungen nicht erwähnten – Beitrag leisten können. Für die ökologischen Gewässerqualitätsverbesserungen insgesamt konnte ein jährlicher Nutzen zwischen 20 und 80 Mio. € im Ruhreinzugsgebiet berechnet werden. Um die im **günstigsten Fall** ermittelten Jahreskosten von 14,7 Mio. € für die Ertüchtigung der Größenklassen IV und V im Ruhreinzugsgebiet zu decken, muss bei gegebenen Nutzen aus dem Freizeitangeln, dem Baden und der Trinkwasserqualität die Kläranlagenertüchtigung mit einem Anteil zwischen 7% und 29% zu einer allgemein verbesserten Gewässerqualität beitragen. Da bislang keine Informationen darüber vorliegen, ob davon ausgegangen werden kann, dass die vorgeschlagene Maßnahmenvariante „*Gewässerökologie*“ einen derartigen Einfluss auf die Gewässerqualität hat, sollten zur Bewertung dieser Abschätzungen weitere Studien zu konkreten Nutzen und ökotoxikologischen Effekten in Oberflächengewässern durchgeführt werden.

Als Ergänzung zur volkswirtschaftlichen Betrachtung von Ertüchtigungsmaßnahmen an Kläranlagen wurden deren ökologische Auswirkungen mit der Methode der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment (LCA)) beurteilt. Dabei erfolgte die Gegenüberstellung von Umweltentlastungen, die sich durch die Elimination der Spurenstoffe ergeben, mit Umweltbelastungen, welche sich aus der Herstellung und dem Betrieb der verschiedenen Verfahren ergeben. Die mit diesem Ansatz durchgeführten Berechnungen haben gezeigt, dass die betrachtete Nachrüstung der Kläranlagen der Größenklassen IV und V aus ökologischer Sicht sinnvoll ist. Unter Zugrundelegung der im Projekt ermittelten Kosten für verschiedene Ausbauvarianten wurde zudem die Öko-Effizienz der verschiedenen Handlungsoptionen ermittelt. Im Rahmen dieser Studie hat sich gezeigt, dass die Ozonung deutlich öko-effizienter als die Behandlung mit Pulveraktivkohle ist.

In den hier durchgeführten Berechnungen wurden durchschnittliche Spurenstoff-Belastungen und Abbauleistungen angenommen. Zur Beurteilung spezifischer Situationen, z. B. für Hotspots wie Abwässer von Krankenhäusern, könnten sich andere Behandlungsverfahren als vorteilhaft erweisen. Die Ermittlung und Verbesserung der Grundlagen ist daher notwendig, um die finanziellen Mittel für Maßnahmen möglichst effizient einzusetzen.

Neben der Effizienz von Maßnahmen zur Reduzierung von Mikroschadstoffeinträgen sollten Verteilungseffekte berücksichtigt werden. Beispielsweise müssen im Ruhreinzugsgebiet bei einem Anteil des gewerblichen Abwassers von ca. 26% (MKULNV, 2010) bei Ertüchtigungskosten in Höhe von 14,7 Mio. €/a von den privaten Haushalten ca. 11 Mio. €/a getragen werden. Bei ca. 2,3 Mio. Haushalten im Wasserversorgungsgebiet der Ruhr (Annahme eines durchschnittlichen 2-Personen-Haushalts) ergeben sich ca. 4,80 € pro Haushalt an zusätzlichen Jahreskosten. Allerdings sind Kostenträger und Nutznießer nicht identisch, da den ca. 2,1 Mio. Einwohnern im Ruhreinzugsgebiet 4,6 Mio. Menschen im Wasserversorgungsgebiet gegenüberstehen. Bei Umlage auf die nur ca. 1 Mio. Haushalte im Ruhreinzugsgebiet ergäben sich bei gleicher Annahme somit Kosten von 11,10 € pro Haushalt und Jahr. Diese Überlegungen zu den Verteilungseffekten sind nicht auf NRW insgesamt übertragbar, da zu wenige Informationen über die Schnittmenge zwischen Nutznießer- und Kostenträgerkreisen vorliegen. Allgemein kann festgehalten werden, dass von Maßnahmen in den Einzugsgebieten von Rur, Niers, Weser, Ems und Issel alle Bürger sowie Wasser- und Gewässernutzer in anderen Bundesländern profitieren. Gleiches gilt für die Ruhr, die Lippe u. a. Flüsse, die in den grenzüberschreitenden Rhein fließen und damit ebenfalls die Gewässerqualität in den Niederlanden verbessern. Daher sollten weitergehende Überlegungen durchgeführt werden, ob - analog zu dem Schweizer Vorschlag, die Kosten nicht allein den direkt an den zu ertüchtigenden Kläranlagen angeschlossenen Haushalten und Industrieunternehmen anzulasten - die Finanzierung über eine landesweite Abgabe (z. B. über die spezifische Abwassermenge oder den Wasserpfennig) oder über eine allgemeine Förderung erfolgen könnte.

Die in diesem Projekt ermittelten Kosten für die Reduktion des Eintrags von Spurenstoffen müssen letztlich vom Bürger als Steuer- oder Gebührenzahler getragen werden. Da der ökotoxikologische Nutzen aufgrund der vorliegenden Datenbasis nicht direkt mit der Spurenstoffreduktion korreliert werden kann, stellt sich die Frage, ob der Bürger bereit ist, für verminderte Einträge von Mikroverunreinigungen in Gewässer und die damit verbundene Qualitätsverbesserung der teilweise zur Trinkwassergewinnung genutzten Oberflächengewässer, einen Teil seines Einkommens aufzubringen. Die im Rahmen des Benefit-Transfers ermittelten Nutzen haben hier erste Anhaltspunkte geliefert. Eine konkretere

Antwort auf diese Frage könnte beispielsweise mit Hilfe einer in diesem Forschungsvorhaben nicht vorgesehenen Zahlungsbereitschaftsanalyse gegeben werden.

3.8 Welche Handlungsempfehlungen können hieraus abgeleitet werden?

Im Mittelpunkt der Ergebnisdarstellung stand der Leitgedanke „Was ist der richtige Weg?“ zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Land Nordrhein-Westfalen. Neben der Darstellung von spezifischen Kosten der einzelnen Maßnahmen wurden Vermeidungsstrategien und, soweit bewertbar, auch unterschiedliche Nutzenaspekte am Beispiel des Ruhreinzugsgebietes diskutiert und soweit wie möglich auf das Land NRW extrapoliert. Nachfolgend aufgeführte Maßnahmen sind im Sinne des Multibarrierenprinzips geeignet, um Spurenstofffrachten in NRW-Gewässern signifikant zu reduzieren und werden zur Verbesserung der Gewässerökologie empfohlen:

- **Umsetzung von Vermeidungsmaßnahmen (Reduzierung des Spurenstoffeintrages) durch**
 - Aufklärung von Bürgern zu Einsatz und Entsorgung von Arzneimitteln,
 - Schulung von Apothekern und Ärzten,
 - Einführung eines Umweltklassifikationssystems und
 - Sammlung und getrennte Entsorgung von mit Röntgenkontrastmitteln belastetem Patientenurin.
- **Behandlung von relevanten Hotspots (Industrieabwässer, Krankenhausabwässer etc.) mit einem hohen Frachtanteil an persistenten Mikroschadstoffen unmittelbar am Anfallort.**
- **Ertüchtigung aller Kläranlagen der Größenklassen IV und V.**
 - Durch Umsetzung der empfohlenen Ertüchtigungsmaßnahmen an den 393 Kläranlagen der Größenklassen IV und V werden entsprechend den vorgenommenen Bilanzierungen mit Bezug auf die langjährigen Niedrigwasserabflüsse die vorhabensspezifischen Zielwerte von 0,1 µg/L für Diclofenac und 0,5 µg/L für Carbamazepin zwar nicht flächendeckend (MKULNV, 2013 bzw. Götz et al., 2012), jedoch an den meisten der hier bilanzierten Gewässerabschnitten an den Hauptgewässern in NRW eingehalten. Diese Ertüchtigungsvariante erzielt ca. 80% Frachtreduktion und der Zielwert für Diclofenac wird an ca. 80% aller Bilanzierungsknoten eingehalten.

- Vor der Ertüchtigung einer Kläranlage muss immer eine Einzelfallprüfung zur Festlegung der am besten geeigneten Verfahrensvariante und den daraus resultierenden Kosten erfolgen.
- **Prüfung zusätzlicher Maßnahmen an Punktquellen bzw. auf Kläranlagen im Einzugsgebiet von kleineren Gewässern oder in unmittelbarer Nähe zur Trinkwasseraufbereitung.**

Hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Effektivität ist den beiden zuerst genannten Maßnahmen (Vermeidung und dezentrale Behandlung) eine höhere Priorität einzuräumen, da zum einen die Emissionen schon vorab unterbunden werden können und sich zum anderen das Kosten-Nutzen Verhältnis günstiger gestalten kann als bei den Ertüchtigungsmaßnahmen im Bereich der Kläranlagen. Alle Kosten-Nutzen-Erwägungen müssen zudem berücksichtigen, welcher Effekt in welcher Zeit und an welchem Ort die jeweils günstigste Variante darstellt. Einzelfallbetrachtungen sind daher zwingend notwendig. Eine „Null-Emission“ bzw. „Null-Belastung“ wird mit keiner Maßnahme erreicht.

Eine konkrete Bestimmung nützlicher Effekte der Kläranlagenertüchtigung ist aufgrund fehlender ökotoxikologischer Daten derzeit nicht möglich. Über die bereits im Bericht „Reine Ruhr“ empfohlenen Maßnahmen, die nun an der Ruhr durch die bis zum Jahr 2018 geplanten Erweiterungen der Trinkwasseraufbereitung zum Schutz vor nicht vorhersehbaren mikrobiologischen oder chemischen Verunreinigungen umgesetzt werden, ergeben sich aus den hier vorgestellten Untersuchungen keine weiteren Maßnahmen bei der Trinkwasseraufbereitung. Dieser Stand der Technik sollte aber auch für alle Trinkwasseraufbereitungsanlagen mit ähnlichen Randbedingungen in NRW gelten.

3.9 Daten- und Forschungsbedarf zur Validierung und damit zur Erhöhung des Aussagewerts der Forschungsergebnisse

Die Kostenermittlung sowie die Frachtbilanzierung stützten sich auf die breite Datenbasis von REBEKA- und ELWAS-Daten. Die kontinuierliche Pflege der Daten durch die zuständigen Landesdienststellen stellt die Verwertbarkeit und Datenqualität dieser Daten dauerhaft sicher. Der Forschungsbedarf zur Validierung und Erhöhung der Aussagekraft der Ergebnisse dieses Auftrages wird nachfolgend aufgeführt. Einige der Fragestellungen werden bereits in laufenden Forschungsprojekten untersucht. So werden z. B. im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme "Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf (RiSKWa)" ausgewählte Forschungsvorhaben in den Themenfeldern Risikocharakterisierung und -management, Technologien zum Emissions-/Immissionsmanagement sowie Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen gefördert (<http://www.riskwa.de/de/94.php>). Nachfolgend ist der bestehende Forschungsbedarf aufgeführt:

- Erweiterung der Input-Daten zu Anwendungsmengen, Verbrauchs- oder Verkaufsdaten.
- Untersuchungen zur Umweltrelevanz von Einzelstoffen und insbesondere von Stoffgemischen zur Bewertung der ökotoxikologischen Relevanz.
- Humantoxikologische Untersuchungen zu potenziellen Langzeitwirkungen bei (TW-) Exposition von Mikroschadstoffen im sub-therapeutischen Bereich zur Abschätzung des gesundheitlichen Benefits von Maßnahmen.
- Ermittlung von immissionsseitigen Gewässer- und Rohwasserbelastungen.
- Ermittlung von Abbaufaktoren für Spurenstoffe im Gewässer.
 - Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser (MKULNV, 2011 - 2012)
- Ermittlung und Bilanzierung diffuser Mikroschadstoffeinträge.
- Datenermittlung zu Keimen und Viren.
 - Untersuchungen in den BMBF-Projekten „Sichere Ruhr“, „SAUBER+“ und „AGRO“ (RISKWA, 2011 – 2014)
- Erweiterung und Verfeinerung der LCA Modelle.

- Zur „Vermeidung des Einsatzes von Arzneimitteln“ besteht umfangreicher Forschungsbedarf hinsichtlich der Monetarisierung und Quantifizierung der Auswirkungen von Vermeidung und Verminderung.
 - Untersuchungen zur Schärfung des Umweltbewusstseins im Umgang mit Arzneimitteln bei Ärzten werden gerade im Rahmen eines UBA-Projektes durchgeführt (ISOE, 2012-2015).
 - Ansätze zur Bewusstseinsbildung für einen veränderten Umgang mit Spurenstoffen in einer Stadt sollen im Projekt „Den Spurenstoffen auf der Spur in Dülmen - Herkunftsanalyse und Sensibilisierung zur Vermeidung des Eintrages von Spurenstoffen“ erprobt werden (Förderung durch MKULNV und INTERREG IV-B, Lippeverband 2012-2014).
- Ermittlung verlässlicher Kosten und Betriebsdaten zur Pulveraktivkohleadsorption im großtechnischen Maßstab, die nicht nach dem „Ulmer“-Verfahren durchgeführt wird.
- Ermittlung von Praxis- und Langzeiterfahrungen mit GAK im großtechnischen Kläranlageneinsatz sowie Ermittlung von Parametern zur einfachen Bestimmung der erforderlichen GAK Standzeit für die Elimination von Spurenstoffen.
 - Weitere Ergebnisse sind aus den derzeit laufenden Untersuchungen an der Kläranlage Obere Lutter und Düren-Merken zu erwarten. Weitere Untersuchungen mit unterschiedlichen Abwässern zur Ermittlung der Filterstandzeiten und Kosten sind notwendig.
- Ermittlung von Daten sowie Verminderungsmöglichkeiten für Abwässer aus dem Bereich Gesundheitswesen neben Krankenhäusern (Ärztelhäuser, Hospize, Seniorenresidenzen etc.)
 - BMBF-Projekt „SAUBER+“
- Ermittlung des Bedarfs und der Ausgestaltung von nachgeschalteten Maßnahmen nach der Ozonierung zur Beseitigung von toxikologisch relevanten Transformationsprodukten.
 - Phase II der MKULNV Teilprojekte 6 und 10 (2012-2013)
 - BMBF-Projekte „ASKURIS“, „RISK-IDENT“, „TOX-BOX“ und „TransRisk“ (RISKWA, 2011-2014)

- Ermittlung von Praxisdaten aus der Erweiterung zur Mikroschadstoffelimination von Kläranlagen der Größenklassen IV und V. Dies betrifft auch die Entwicklung von sinnvollen Konzepten (und auch Parametern) zur betrieblichen Prozess- und Erfolgskontrolle von derartigen Ertüchtigungsmaßnahmen.
- Verifizierung der Kostenfunktionen (insbesondere für große Kläranlagen).
- Standardisierter Vergleich von Kosten der unterschiedlichen Technologien und Verfahren. Ein Vorschlag für die Datenerfassung ist im Anhang 4 der Langfassung aufgeführt.
- Erarbeitung von Konzepten zur Kostenträgerschaft.
- Konkretisierung der Nutzenabschätzung zur Kläranlagenertüchtigung durch Zahlungsbereitschaftsanalysen.