



Kompetenzzentrum

**Mikroschadstoffe.NRW**



# **Mikroschadstoffentfernung machbar?**

**Zusammenstellung wesentlicher Inhalte  
einer Machbarkeitsstudie für Anlagen zur  
Mikroschadstoffelimination**

Stand 07.04.2015



## Vorwort

Das Land NRW unterstützt die Ertüchtigung öffentlicher Kläranlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen und zum Rückhalt von Bakterien, Viren und antibiotikaresistenten Keimen. Die technologische Nachrüstung kommunaler Kläranlagen zur Mikroschadstoffentfernung wird mit einem Zuschuss von bis zu 70 % auf die anfallenden Investitionskosten bzw. bis zu 40 % bei der Nachrüstung zur Hygienisierung gefördert.

Zur Entscheidungsfindung wird die Durchführung von Machbarkeitsstudien zur Elimination von Mikroverunreinigungen in kommunalen Kläranlagen empfohlen. Die Erstellung der Machbarkeitsstudien wird mit 80% bezuschusst.

Mit dieser Publikation soll über die Zielsetzung und die wesentlichen Inhalte einer Machbarkeitsstudie informiert werden.



# Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Hintergründe zu den Massnahmen gegen den Eintrag von Mikroschadstoffen</b>	<b>6</b>
A 1.	Mikroschadstoffentfernung – warum?	6
A 2.	Mikroschadstoffentfernung – wie?	7
A 3.	Wo sollte die Mikroschadstoffentfernung in Kläranlagen geprüft werden?	7
A 4.	Machbarkeitsstudien zur Mikroschadstoffentfernung – welche Erfahrungen gibt es?	10
<b>B</b>	<b>Aufbau und Umfang der Machbarkeitsstudien</b>	<b>11</b>
B 1.	Inhalte und Ziele einer Machbarkeitsstudie	11
B 2.	Grundstruktur einer Machbarkeitsstudie zur Mikroschadstoffentfernung	12
B 3.	Veranlassung	12
B 4.	Voruntersuchungen zur Mikroschadstoffelimination	13
B 5.	Abwassereigenschaften	13
B 5.1	Standard-Abwasserparameter	13
B 5.2	Screening auf Mikroschadstoffe	14
B 6.	Auslegungswerte	15
B 7.	Stand der Forschung und Technik zur Mikroschadstoffelimination	15
B 8.	Ausarbeitung von technischen Anlagenkonzepten	16
B 9.	Kostenermittlung	16
B 10.	Verfahrensempfehlung	17
B 11.	Fazit	18

## Hintergründe zu den Maßnahmen gegen den Eintrag von Mikroschadstoffen



### A 1. Mikroschadstoffentfernung – warum?

Zum Schutz der Gewässerökosysteme und Trinkwasserressourcen ist eine gute Wasserqualität der Oberflächengewässer erforderlich. Der Eintrag antropogener Mikroschadstoffe ist deshalb grundsätzlich zu vermeiden. Mikroschadstoffe in Gewässern resultieren aus einem teilweise ubiquitären Einsatz von chemischen Substanzen. Allein in einem Haushalt sind bis zu 5.000 verschiedene Chemikalien vorhanden, deren Rückstände mit dem Abwasser entsorgt werden und in Gewässern zu Mikroverunreinigungen führen. Dazu gehören beispielsweise Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika, synthetische Duftstoffe, Süßstoffe, Farben und Lacke sowie Pflanzenschutzmittel und Pestizide. Darüber hinaus sind Mikroschadstoffbelastungen im Gewässer auch u. a. auf Röntgenkontrastmittel, Korrosionsschutzmittel, Flammschutzmitteln und weitere Industriechemikalien zurückzuführen.

Arzneimittel beispielsweise sind für die Gesundheit von Mensch und Tier unverzichtbar. Die Bundesstiftung Umwelt weist darauf hin, dass „nach der Anwendung der Wirkstoffe die Substanzen und ihre Metaboliten ausgeschieden werden und in die Umwelt gelangen können“. Seit Mitte der 80er Jahre werden vermehrt Arzneimittel in der Umwelt nachgewiesen. In mehr als 70 Ländern der

Welt finden sich in Umweltproben mehr als 500 verschiedene Arzneimittel und deren Metaboliten. Sie sind in Oberflächengewässern, Grundwasser, Trinkwasser, Boden, Sediment, Klärschlamm sowie Gülle nachgewiesen. In der Umwelt können sie unerwünschte Wirkungen verursachen. Sie können nachweislich Lebewesen in der aquatischen Umwelt beeinträchtigen. So schädigen das Antiepileptikum Carbamazepin und der Betablocker Metoprolol Organe bei Fischen. Das Empfängnisverhütungsmittel Ethinylestradiol verändert Geschlechtsmerkmale bei Fischen und das Psychopharmakon O-xazepam verändert das Verhalten von Barschen. Etwa die Hälfte der 2.300 in Deutschland verwendeten Wirkstoffe gilt als umweltrelevant.

Die Gewässerqualität in NRW hat sich zwar verbessert, ein ökologisch guter Zustand, entsprechend der Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und des deutschen Wasserrechts, wird aber in 90 % der Gewässer noch nicht erreicht. Ein besonderes Problem stellen aufgrund ihrer Wirkungen Mikroverunreinigungen dar. Ohne deren Reduzierung kann ein guter ökologischer Zustand der Gewässer häufig nicht erreicht werden.

**A 2. Mikroschadstoffentfernung – wie?**

Maßnahmen zur Minderung von Mikroschadstoffen sollten möglichst an der Quelle ansetzen, um Einträge zu reduzieren. Ansätze hierfür liegen in einem verantwortungsvolleren Umgang beim Gebrauch und bei der Entsorgung von Produkten sowie in der Reduzierung der Anwendungen in Industrie, Gewerbe und Haushalten.

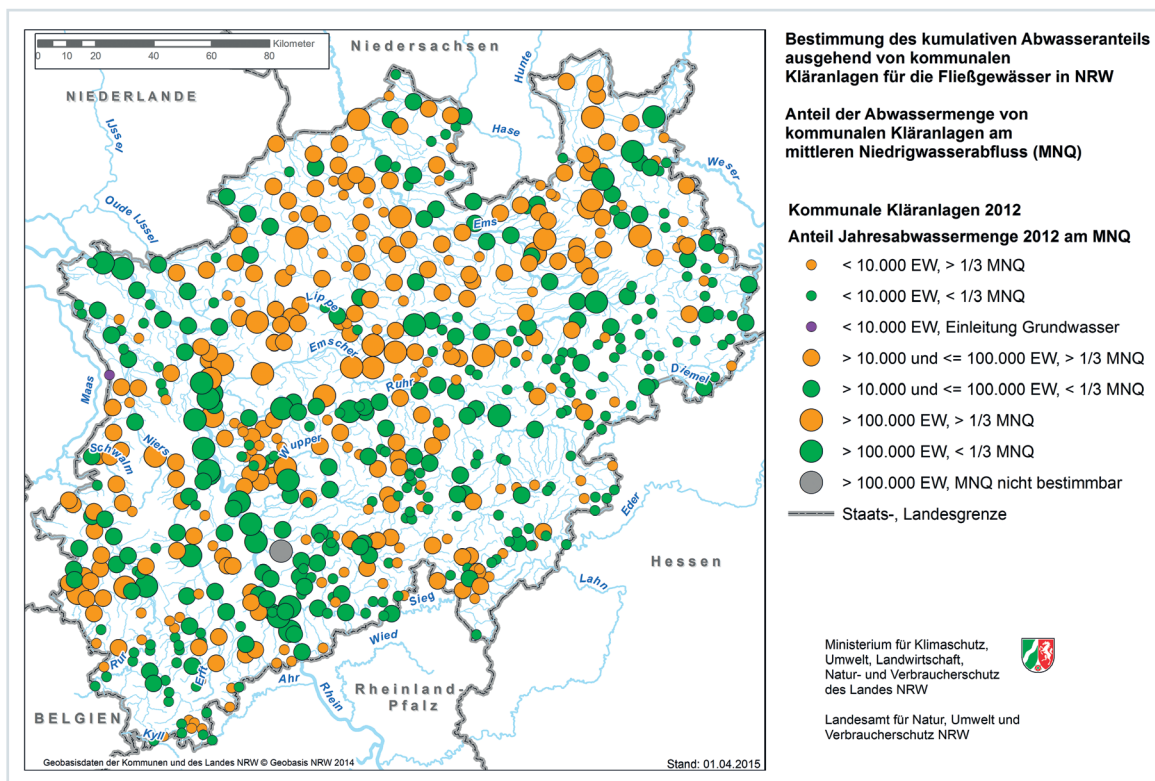
Neben Maßnahmen an der Quelle ist die Ertüchtigung von Kläranlagen sinnvoll und an vielen Stellen notwendig. Die konventionelle mechanisch-biologische Abwasserreinigung nach dem heutigen Stand der Technik ist nicht darauf ausgelegt, Mikroverunreinigungen gezielt aus dem Abwasser zu entfernen. Auch wenn einige Substanzen durch ein konventionelles Verfahren zurückgehalten werden

können, werden viele andere Stoffe nicht oder nur unzureichend eliminiert. Als Folge stellen kommunale Kläranlagen den bedeutendsten Eintragspfad von Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässer dar. Die Umrüstung der Kläranlagen zur Barriere für Mikroschadstoffe ist nur durch den Einsatz einer zusätzlichen Verfahrensstufe möglich.

**A 3. Wo sollte die Mikroschadstoffentfernung in Kläranlagen geprüft werden?**

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass der Eintrag von Mikroschadstoffen immer dann besonders gewässerschädigend ist, wenn der Abwasseranteil im Gewässer sehr hoch ist. Dies ist in NRW häufig der Fall. Die nachfolgende Karte gibt einen Überblick.

**Abbildung 1 Anteil der Abwassermenge von kommunalen Kläranlagen am mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ)**



Insbesondere ist die Notwendigkeit einer Reduzierung des Eintrags von Mikroschadstoffen dort zu prüfen, wo die Ziele der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und des deutschen Wasserrechts verfehlt werden.

Wenn in einem Wasserkörper

- nach den Ergebnissen des Monitorings nach § 9 OGeWV nicht der gute ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial erreicht wird, weil die biologischen Qualitätskomponenten mäßig oder schlechter sind (§ 5 Abs. 4 Satz 1 OGeWV),
- Mikroschadstoffe nachgewiesen sind, die in der Anlage 5 der OGeWV nicht geregelt sind, für die aber die Anlage D4 des Monitoringleitfadens NRW Umwelt Konzentrationswerte enthält, bei deren Überschreitung die aquatische Biozönose möglicherweise geschädigt wird, und
- die Konzentrationswerte der Anlage D4 zum Monitoringleitfaden ( s. [www.flussgebiete.nrw.de](http://www.flussgebiete.nrw.de)) überschritten sind,

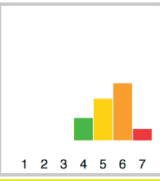
dann ist angesichts des mäßigen oder schlechteren ökologischen Zustands bzw. des nicht erreichten guten ökologischen Potenzials davon auszugehen, dass die Überschreitung der Konzentrationswerte (mit)ursächlich für die Schädigung der aquatischen Biozönose ist.

Beispielhaft ist dies anhand des Wasserkörpers 276\_182330 Einmündung Henne bis Bestwig im Ruhreinzugsgebiet dargestellt (Abbildung 2).

Der Wasserkörper befindet sich in einem unbefriedigenden ökologischen und einem nicht guten chemischen Zustand. Mitverantwortlich sind Einleitungen von Mikroschadstoffen wie Clarithromycin, Diclofenac und Sulfamethoxazol. Daher ist zu überprüfen, ob die Einleitung der Kläranlage Bestwig-Volmede dafür mitverantwortlich ist und Maßnahmen zur Mikroschadstoffentfernung sinnvoll bzw. notwendig sind. Insbesondere gilt dies auch vor dem Hintergrund eines erhöhten Abwasseranteils in der Ruhr unterhalb der Kläranlagen-einleitung von 33 % bei MNQ.



**Abbildung 2**  
**Auszug Wasserkörpertabelle aus dem Planungseinheitensteckbrief Ruhr**  
 (siehe auch [www.flussgebiete.nrw.de](http://www.flussgebiete.nrw.de))

Planungseinheit	PE_RUH_1700	Planungseinheit	PE_RUH_1700
Wasserkörper-ID	276_182330*	Wasserkörper-ID	276_182330*
Gewässername	Ruhr	Gewässername	Ruhr
	Einmdg. Henne bis Bestwig		Einmdg. Henne bis Bestwig
LAWA-Fließgewässertyp	9	LAWA-Fließgewässertyp	9
Trinkwassergewinnung	ja	Trinkwassergewinnung	ja
Wasserkörperausweisung	natürlich	Wasserkörperausweisung	natürlich
HMWB-Fallgruppe		HMWB-Fallgruppe	
<b>Ökologischer Zustand</b>	<b>unbefriedigend</b>	<b>Stoffgruppen des Ökologischen Zustands / Potenzials</b>	
MZB-Saprobie	gut	ACP gesamt (OW)	
MZB-Allgemeine Degradation	gut	Metalle (Anl. 5 OGewV)	Zink
MZB-Versauerung	nicht relevant	PBSM (Anl. 5 OGewV)	
MZB gesamt	gut	sonst. Stoffe (Anl. 5 OGewV)	
Fische	unbefriedigend	Metalle n. ges. verb. (OW)	Zink
Makrophyten (PHYLIB)	mäßig	PBSM n. ges. verb. (OW).	
Makrophyten (LUA NRW)	mäßig	sonst. St. n. ges. verb. (OW)	Clarithromycin, Diclofenac, Sulfamethoxazol
Phytobenthos (Diatomeen)	gut		
Phytobenthos o. Diatomeen	gut		
Phytoplankton	nicht relevant		
<b>Ökologisches Potenzial</b>		<b>Stoffgruppen des chemischen Zustands</b>	
MZB-Allgemeine Degradation		Metalle (Anl. 7 OGewV)	
MZB gesamt		PBSM (Anlage 7 OGewV)	
Fische		sonst. Stoffe (Anl. 7 OGewV)	
Metalle (Anl. 5 OGewV)	höchstens mäßig		
PBSM (Anl. 5 OGewV )	gut		
sonst. Stoffe (Anl. 5 OGewV)	sehr gut		
ACP gesamt (OW)	eingeh. gut		
Gewässerstruktur			
Metalle n. ges. verb. (OW)	nicht eingeh.		
PBSM n. ges. verb. (OW)	eingeh. sehr gut		
sonst. St. n. ges. verb. (OW)	nicht eingeh.		
<b>Chemischer Zustand</b>	<b>nicht gut</b>		
Ch. Z. ohne ubiquitäre Stoffe	gut		
Metalle (Anl. 7 OGewV)	gut		
PBSM (Anl. 7 OGewV)	gut		
sonst. Stoffe (Anl. 7 OGewV)	gut		
Nitrat (Anl. 7 OGewV)	gut		

\* Geometrie des Wasserkörpers verändert

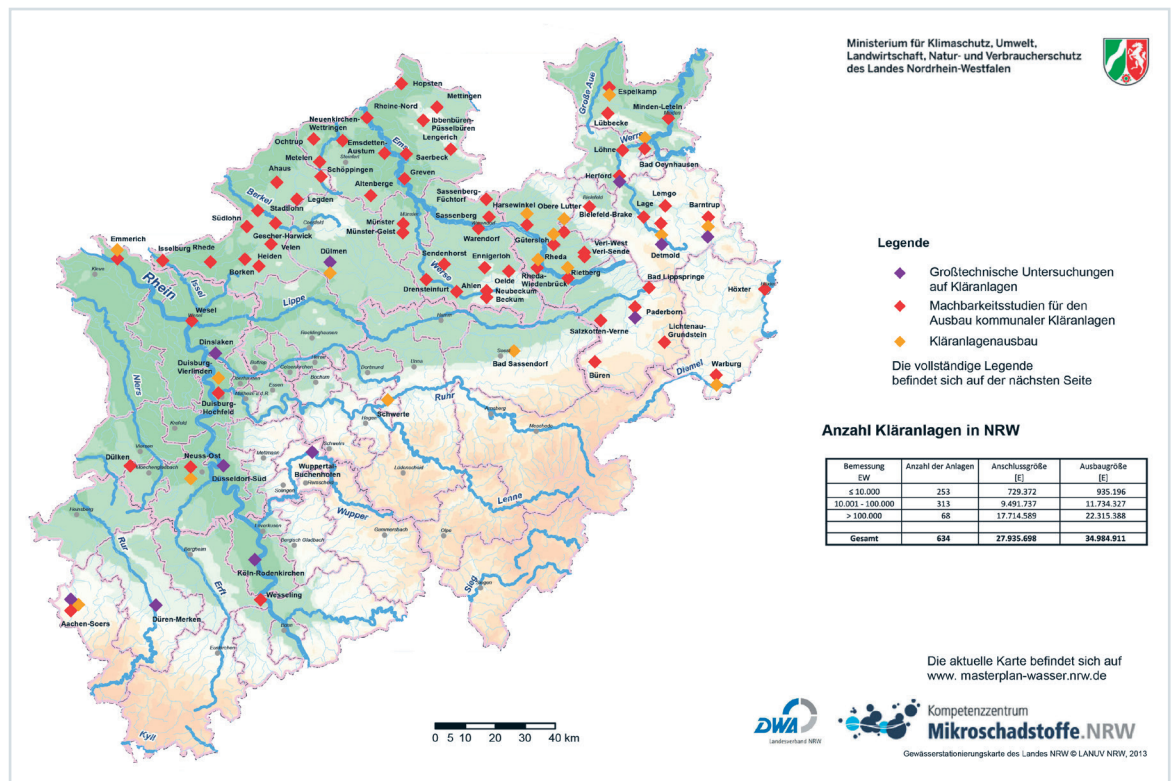
**A 4.**  
**Machbarkeitsstudien zur Mikroschadstoffentfernung – welche Erfahrungen gibt es?**

In NRW wurde bereits eine Vielzahl von Machbarkeitsstudien durchgeführt. Eine Übersicht dazu kann der Abbildung 3 entnommen werden.

Auf Grundlage der bisherigen Kenntnisse und Erfahrungen kann zusammengefasst werden, welche Daten und Informationen eine Machbarkeitsstudie umfassen sollte, um den Nutzen und die Möglich-

keiten der Umsetzung einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination zuverlässig bewerten zu können. Einheitlich aufgebaute Machbarkeitsstudien dienen zudem der Vergleichbarkeit sowie der Übertragbarkeit von wesentlichen Ergebnissen. Im Folgenden werden daher sowohl die Vorgehensweise als auch die zu berücksichtigenden Inhalte bei der Erstellung einer Machbarkeitsstudie näher erläutert.

**Abbildung 3**  
**Mikroschadstoffentfernung in kommunalen Kläranlagen in NRW (Stand 02/2015)**



A

## Aufbau und Umfang der Machbarkeitsstudien



### **B 1.** **Inhalte und Ziele einer Machbarkeitsstudie**

In den Machbarkeitsstudien wird durch das beauftragte Ingenieurbüro basierend auf der örtlichen Belastungssituation geprüft, welche technische Variante für den Kläranlagenstandort am besten ist. Dabei werden im Regelfall die Varianten Pulveraktivkohlezugabe, Einsatz von granulierter Aktivkohle in vorhandenen Flockungsfiltern und Ozonung bewertet. Die Machbarkeitsstudien beinhalten einen technischen Vorschlag, eine Ermittlung der Investitions-, der Betriebs- und der Jahreskosten sowie der von der Kläranlage emittierten

Mikroschadstoffe. Ergänzend zum Stoffscreening im Abwasserstrom werden bei Bedarf auch Gewässeruntersuchungen durchgeführt.

Basierend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie kann eine Bewertung vorgenommen werden, ob im Einzelfall eine Ertüchtigung der kommunalen Kläranlage zur Mikroschadstoffentfernung mit Blick auf den angestrebten guten ökologischen und chemischen Gewässerzustand erfolgversprechend und verhältnismäßig ist.

## **B 2.** **Grundstruktur einer Machbarkeitsstudie zur Mikroschadstoffentfernung**

Die Studie zur Machbarkeit der Mikroschadstoffentfernung auf einer Kläranlage soll verschiedene, den Randbedingungen vor Ort entsprechende Varianten aufzeigen. Diese sind sowohl monetär als auch nicht monetär zu bewerten. Abschließend soll eine Verfahrensempfehlung abgegeben werden. Grundlage für die technische Variantenbetrachtung sind Kenntnisse über die Gewässerbelastung sowie die Belastung des Kläranlagenablaufs im Hinblick auf Mikroverunreinigungen. Hierbei sind die Ergebnisse des WRRL-Monitorings sowie ggf. weitere vorliegende Gewässeruntersuchungen und Modellierungsergebnisse zu berücksichtigen. Liegen Messergebnisse des Kläranlagenbetreibers zu Mikroschadstoffen in der Kläranlage vor, sind auch diese zu bewerten.

Nachfolgend ein Vorschlag, wie eine Machbarkeitsstudie strukturiert werden kann:

- Veranlassung
- Voruntersuchungen zur Mikroschadstoffelimination
- Abwassereigenschaften
  - Standard-Abwasserparameter
  - Screening auf Mikroschadstoffe
- Auslegungswerte der 4. Reinigungsstufe
- Stand der Forschung und Technik zur Mikroschadstoffelimination
- Ausarbeitung von technischen Anlagenkonzepten
- Kostenermittlung
- Verfahrensempfehlung
- Fazit

Im Folgenden werden die wesentlichen Inhaltspunkte gemäß diesem Vorschlag dargestellt.

## **B 3.** **Veranlassung**

Im Kapitel „Veranlassung“ wird beschrieben, warum für die betrachtete Kläranlage der Bau einer vierten Reinigungsstufe zur Mikroschadstoffelimination erforderlich sein könnte. In einem ersten Schritt sollte die Lage bzw. die Situation der Kläranlage hinsichtlich des Gewässers beschrieben werden, in das die Kläranlage einleitet. Hier sollte auf möglicherweise vorhandene Einzugsgebiete von Trinkwassergewinnungsanlagen, die Belastung des Gewässers mit Mikroschadstoffen (soweit bekannt) sowie auf den ökologischen Zustand des Gewässers (z. B. mittels des Fachinformationssystems ELWAS WEB) eingegangen werden.

Anschließend erfolgt die Beschreibung des IST-Zustandes der Kläranlage hinsichtlich Baujahr, Anschlussgröße, Ausbaugröße, Belastungssituation, Klärschlamm Entsorgung und allgemeinem Zustand.

Die Abwasserbeschaffenheit kann im Hinblick auf Mikroschadstoffe durch die im Einzugsgebiet vorhandenen Indirekteinleiter maßgeblich beeinflusst werden. Aus diesem Grund sollten neben dem Einzugsgebiet vor allem die für den Eintrag von Mikroschadstoffen relevante Indirekteinleiter kurz beschrieben und - soweit möglich - deren Abwasser charakterisiert werden. Dies kann ggf. anhand der Anhänge der Abwasserverordnung erfolgen.

Krankenhäuser und Pflegeheime gelten bzgl. des Eintrags von Mikroschadstoffen (Arzneimittelrückstände) als sogenannte „hot spots“; für diese existiert derzeit jedoch kein Anhang in der Abwasserverordnung.

Befinden sich Krankenhäuser im Einzugsgebiet, sollten diese kurz charakterisiert werden hinsichtlich:

- Bettenzahl,
- Patientenfallzahl und
- Abwassermenge.

Für Pflegeheime sollte die Anzahl der Pflegeplätze angegeben werden. Die Daten der Krankenhäuser können aus den Qualitätsberichten entnommen werden, die z. B. unter [www.g-ba-qualitaetsberichte.de](http://www.g-ba-qualitaetsberichte.de) öffentlich verfügbar sind. Im Rahmen dieser Betrachtung ist auf Grundlage der Einwohnergleichwerte ebenfalls darzulegen, welchen Anteil diese Einrichtungen an der Auslastung der Kläranlage haben.

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

**Beschreibung**

- des Gewässerzustands und der Indikation
- des Ist-Zustandes der Kläranlage
- des Einzugsgebietes einschließlich Belastungssituation des Gewässers (Bewertung gemäß WRRL)
- der Indirekteinleiter und Charakterisierung des Abwassers
- vorhandener Mikroschadstoffemittenten (z. B. Krankenhäuser und Pflegeeinrichtungen im Einzugsgebiet)

**B 4. Voruntersuchungen zur Mikroschadstoffelimination**

Im Rahmen dieses Kapitels ist darzulegen, inwieweit zur betrachteten Kläranlage bereits analytische Voruntersuchungen über Mikroschadstoffe vorliegen, z. B. beim Einsatz neuer Verfahren oder Verfahrenskombinationen im Rahmen von halbertechnischen Versuchen. Falls vorhanden, sind diese im Einzelnen aufzuführen.

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Darstellung im Vorfeld durchgeführter analytischer Voruntersuchungen zur Mikroschadstoffelimination

**B 5. Abwassereigenschaften**

**B 5.1 Standard-Abwasserparameter**

Um eine fundierte Verfahrensauswahl und spätere Auslegung der Anlage zur Mikroschadstoffelimination zu ermöglichen, sind die standortspezifischen Abwassereigenschaften unbedingt zu berücksichtigen. Es ist eine Auswertung der Ablaufmengen der Kläranlage nach Möglichkeit für die letzten drei bis fünf Jahre durchzuführen. Ferner sind vorhandene Daten zur Ablaufqualität in Hinblick auf DOC oder alternativ CSB, AFS und Nitrit darzustellen.

Grundsätzlich ist eine gut funktionierende Kläranlage mit einem niedrigen Gehalt an gelösten organischen Kohlenstoffen (DOC) bzw. CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) sowie einem geringen Feststoffgehalt des Abwassers (AFS) im Ablauf der Nachklärung die beste Voraussetzung für eine effiziente Mikroschadstoffelimination bei freier Verfahrensauswahl. Hohe Feststoffgehalte können insbesondere für Aktivkohleverfahren problematisch sein. Zur Prüfung der Umsetzbarkeit einer Ozonung ist die Bromidkonzentration des Abwassers im Vorfeld zu ermitteln, da aus Bromid durch Ozon kanzerogenes Bromat gebildet werden kann. Die Nitritkonzentration muss ebenfalls überprüft werden, da durch die Oxidation von Nitrit zu Nitrat die Ozonzehrung erhöht und somit auch die Wirtschaftlichkeit der Ozonung negativ beeinflusst werden kann.

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Auswertung der Ablaufmengen der Kläranlage über mehrere Jahre
- Darstellung der Daten zur Ablaufqualität (DOC oder CSB, AFS, Bromid, Nitrit)
- Angabe des aktuellen Klärschlamm-entsorgungsweges als Schadstoffsенke

## B 5.2 Screening auf Mikroschadstoffe

Neben den Standardparametern ist ein Mikroschadstoff-Screening im Zulauf zur biologischen Reinigungsstufe und im Ablauf der Kläranlage durchzuführen, das auf die standortspezifischen Bedingungen, z. B. infolge von Indirekteinleitern und die aktuelle Belastung des Gewässers, abgestimmt ist. Mikroschadstoffe bilden eine sehr hete-

rogene, umfängliche Stoffgruppe mit unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften und somit variierender Umweltrelevanz bzw. Eliminierbarkeit. Die Analytik für jeden einzelnen Stoff ist aus Kostengründen nicht durchführbar. Daher werden für analytische Untersuchungen meist wenige Stoffe ausgewählt, die für die spezifische Mikroschadstoffsituation repräsentativ sind. Tabelle 1 stellt die Substanzen zusammen, die beim Screening berücksichtigt werden können.

**Tabelle 1**  
**Vorschlag von Substanzen für das erste Screening**  
**(Stoffliste ist unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen ggf. anzupassen)**

Substanzgruppe	Substanz(en)
Arzneimittelwirkstoffe	Carbamazepin, Ciprofloxacin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol
Östrogene	Anstelle der aktuell noch nicht ausreichend empfindlichen instrumentellen Analytik auf einzelne Wirkstoffe wird die summarische Erfassung der östrogenen Effekte mittels wirkungsbezogener Analytik (A-YES, YES oder ER CALUX) empfohlen.
Pestizide	Mecoprop, altern. Isoproturon (Herbizid), Terbutryn (Urbanbiozid)
Korrosionsschutzmittel	1H-Benzotriazol
Moschusduftstoffe	Galaxolide (HHCB)
Perfluorierte Tenside	PFOA, PFOS sofern entsprechende Indirekteinleiter angeschlossen sind, wie z. B. metallbe- und verarbeitende Industrie

**Tabelle 2**  
**Vorschlag von Substanzen (Indikatorsubstanzen) für das Monitoringprogramm (Stoffliste ist unter Berücksichtigung der standortspezifischen Randbedingungen ggf. anzupassen)**

Substanzgruppe	Substanz(en)
Arzneimittelwirkstoffe	Carbamazepin, Diclofenac, Metoprolol und Sulfamethoxazol
Pestizide	Terbutryn (Urbanbiozid)
Korrosionsschutzmittel	1H-Benzotriazol
zzgl. der im Screening auffälligen standortrelevanten Stoffe	

Zur Bewertung der Belastung wird als Mindestumfang ein Screening von zwei 24-Stunden-Mischproben empfohlen. Die Probenahme ist zunächst bei Trockenwetterbedingungen durchzuführen, um die Einflüsse durch Regenwasser auszuschließen. Es wird jedoch empfohlen, das Screening bei Regenwetter zu wiederholen, um auch die regenwetter-

relevanten Stoffe wie Biozide und Pestizide zu erfassen.

Die Datenverdichtung erfolgt durch ein nachfolgendes Monitoringprogramm mit reduziertem Parameterumfang und mindestens fünf 24-Stunden-Mischproben bei Trockenwetter. Empfohlen

wird im Monitoring, neben den standortrelevanten Stoffen, die im Screening auffällig waren, folgende aussagekräftige und analytisch ausreichend genau quantifizierbare Leitparameter zu berücksichtigen:

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Durchführung eines umfangreichen Screenings im Zulauf zur Kläranlage an mindestens zwei Tagen bei Trockenwetter (24-Stunden-Mischproben)
- Durchführung eines Monitoringprogramms (mindestens fünf 24-Stunden-Mischproben bei Trockenwetter) an den Probenahmestellen „Zulauf biologische Stufe“ sowie „Zulauf geplante vierte Reinigungsstufe“

**B 6. Auslegungswerte**

Die Auslegung der Anlage bzw. Anlagen sollte mindestens nach dem Spitzenabfluss bei Trockenwetter ( $Q_{T,max}$ ) erfolgen. Bei unzureichender Datengrundlage erfolgt die Auslegung auf den maximalen stündlichen Trockenwetterabfluss ( $Q_{T,h,max}$ ).

Mittels der vierten Reinigungsstufe soll eine Elimination von 80 % der Indikatorsubstanzen (siehe Kapitel B 5.2 und Tabelle 2) zwischen dem Zulauf in die biologischen Stufe und dem Ablauf der sogenannten 4. Stufe erreicht werden. Die Eliminationsrate bezieht sich dabei auf die Summe über alle Indikatorsubstanzen.

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Auslegung mindestens nach  $Q_{T,max}$  (alternativ  $Q_{T,h,max}$  bzw.  $Q_{T,2h,max}$ )
- Angestrebte Elimination der Indikatorsubstanzen  $\geq 80 \%$

**B 7. Stand der Forschung und Technik zur Mikroschadstoffelimination**

Im Rahmen dieses Kapitels sollen auf wenigen Seiten die zurzeit verfügbaren Technologien dargestellt werden. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf den „Stand der Erkenntnisse“ zu legen. Dabei ist zu erläutern, welche Technologie bereits wie oft großtechnisch umgesetzt wurde und inwieweit hier Technologien betrachtet werden, die Forschungsgegenstand sind, d. h. zu denen es noch keine großtechnischen Pilotanlagen gibt. Hierbei sind die Technologien Ozon, Pulveraktivkohle, granuliert Aktivkohle und Hybridverfahren aus den zuvor genannten Technologien sowie deren Besonderheiten kurz und knapp zu beschreiben. Die aktuellen Erkenntnisse zu umgesetzten Anlagen finden sich insbesondere auf den Seiten des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe NRW ([www.kompetenzzentrum-mikorschadstoffe.de](http://www.kompetenzzentrum-mikorschadstoffe.de)), dem Kompetenzzentrum Baden-Württemberg ([www.koms-bw.de](http://www.koms-bw.de)) oder dem Kompetenzzentrum der Schweiz ([www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch))

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Beschreibung sowohl des Stands der Forschung als auch des Stands der Technik der zur Zeit verfügbaren Technologien zur Mikroschadstoffelimination

## **B 8.** **Ausarbeitung von technischen Anlagenkonzepten**

Im Rahmen dieses Kapitels sind zwei bis drei technische Umsetzungsmöglichkeiten für die betrachtete Kläranlage darzustellen. Dabei ist eine ausführliche Beschreibung der Anlagentechnik und der Einbindung der neuen Verfahrensstufe in die vorhandene Anlagentechnik mit zusätzlichen skizzenhaften Beschreibungen bzw. Zeichnungen mit dem Qualitätsstandard eines Vorentwurfes (Grundlage HOAI) auszuarbeiten. Hydraulische und klärtechnische Nachweise sind der Studie soweit wie möglich beizulegen. Bei der Ausarbeitung sollten die folgenden Kriterien Berücksichtigung finden:

- Eliminierbarkeit der relevanten Mikroschadstoffe im Ablauf der Kläranlage mittels der berücksichtigten Verfahren,
- Platzbedarf und Flächenverfügbarkeit,
- vorhandene nutzbare Verfahrens- und Bautechnik, wie z. B. eine Filtrationsanlage oder freie Beckenkapazität,
- Bromatbildungspotenzial des Abwassers bei Berücksichtigung eines Ozonungsverfahrens (wenn eine Trinkwassergewinnungsstelle in der Nähe liegt und zusätzlich die Vorbelastung des Vorfluters mit Bromat gegeben ist),
- Klärschlammabfuhrwege (bei Verbrennung ist die Verfahrensauswahl nicht eingeschränkt, andere Klärschlammabfuhrwege, wie z. B. landwirtschaftliche Verwertung, sollen angegeben und bei der Verfahrenswahl berücksichtigt werden),
- Verbesserung der Reinigungsleistung der Kläranlage, z. B. für CSB, AFS und  $P_{ges}$ ,
- ganzheitliche energetische Betrachtung, d. h., dass bei der Aktivkohle auch die Aufwendungen für die Herstellung sowie die Aufwendungen bei der Reinsauerstoffherzeugung und für die unterschiedlichen Transportwege in die Betrachtungen mit einfließen und
- Mitarbeiterqualifikation.

Für die Verfahrenstechnik mit Ozon ist das Ozonzehrungsverhalten des Abwassers im Rahmen von Labor-Untersuchungen zu bestimmen, um die erforderliche Kontaktzeit festzulegen. Für die Verfahrenstechnik mit Aktivkohle ist das Adsorptions-

verhalten verschiedener Aktivkohlesorten bzw. ausgewählter Mikroschadstoffe und des Summenparameters CSB (ggf. auch DOC) zu betrachten. Das Adsorptionsverhalten kann für die Pulveraktivkohle durch Batch-Tests (Schüttel-Versuch) und für die granulierten Aktivkohle durch Säulenversuche oder Kleinfilterschnelltests (RSSCT) bestimmt werden.

### **Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte zur Anlagenauswahl:**

- Beschreibung der vorhandenen Anlagentechnik und Einbindung der neuen Verfahrensstufe inklusive skizzenhafter Beschreibungen bzw. Zeichnungen, die dem Qualitätsstandard eines Vorentwurfes (Grundlage HOAI) unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen genügen

## **B 9.** **Kostenermittlung**

Die Ermittlung der Kosten einer vierten Reinigungsstufe bildet einen wesentlichen Bestandteil der Machbarkeitsstudie. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Anlage ist neben der Effizienz oftmals ausschlaggebend für eine spätere großtechnische Realisierung.

Grundsätzlich kann eine Kostenermittlung auf zwei Arten erfolgen:

- Variante 1:  
Abschätzung auf Basis von Erfahrungswerten
- Variante 2:  
Abschätzung der Kosten auf Grundlage der örtlichen Randbedingungen

### **Variante 1:** **Abschätzung auf Basis von Erfahrungswerten**

Hierbei können einschlägige Veröffentlichungen herangezogen und die Kosten anhand von bereits realisierten Anlagen durch eine entsprechende Umrechnung, z. B. über die Einwohnergleichwerte oder die zu behandelnde Abwassermenge, umgerechnet werden.



Diese Vorgehensweise kann in der Regel nur bei einem vollständigen Neubau von derartigen Anlagen durchgeführt werden.

**Variante 2:**  
**Abschätzung der Kosten auf Grundlage der örtlichen Randbedingungen**

Diese Kostenberechnung ist mit einem deutlich höheren Aufwand und dafür auch mit einer deutlich höheren Genauigkeit verbunden und ermöglicht spezielle Aussagen hinsichtlich der zu erwartenden Kosten für die Erweiterung einer Kläranlage.

**Inhalte der Kostenermittlung**

Die Ermittlungen der Investitionskosten (Bau-, Maschinen- und E-MSR-Technik) und der Betriebskosten erfolgt für die einzelnen Komponenten:

- Pumpwerk (soweit erforderlich),
- Behandlungsanlage Ozon / PAK / GAK und
- Nachbehandlung (soweit erforderlich, z. B. biologische Nachbehandlung bei Ozon oder Filtration bei PAK).

Bei der Ermittlung der Betriebskosten sind insbesondere die Energiekosten wie auch die Personalkosten zu berücksichtigen.

Bei der Durchführung einer Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der KVR-Leitlinie (2012) sind folgende Ansätze zu berücksichtigen:

- Zinssatz 3 %
- Nutzungsdauer: Bautechnik 30 Jahre  
Maschinenteknik 15 Jahre  
E-Technik 10 Jahre

Im betrachteten Nutzungszeitraum von 30 Jahren sind somit für die Maschinenteknik einmal und für die Elektrotechnik zweimal Reinvestitionskosten zu berücksichtigen. Für den späteren Vergleich verschiedener Machbarkeitsstudien ist auf die Berücksichtigung der Preissteigerungsrate zu verzichten.

**Es wird empfohlen, soweit wie möglich, eine Abschätzung auf Grundlage der örtlichen Rahmenbedingungen (Variante 2) durchzuführen.**

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Kostenermittlung auf Basis von Erfahrungswerten
  - Umrechnung von Kosten bereits realisierter Anlagen auf den Anwendungsfall
  - kann in der Regel nur bei einem vollständigen Neubau durchgeführt werden
- Kostenermittlung auf Grundlage der örtlichen Randbedingungen
  - Kostenvergleichsrechnung auf Grundlage der KVR-Leitlinie

**B 10.**  
**Verfahrensempfehlung**

Im Rahmen eines abschließenden Kapitels mit dem Thema „Verfahrensempfehlung“ sind unterschiedliche Bewertungskriterien, auch nichtmonetäre Aspekte, zu berücksichtigen, die eine Bewertung der unterschiedlichen Verfahren ermöglichen. Hierbei muss insbesondere neben dem direkten Energieverbrauch auf der Kläranlage auch der Primärenergieeinsatz zur Erzeugung der Betriebsmittel berücksichtigt werden, der insbesondere beim Vergleich zwischen Ozonung und Aktivkohleverfahren von Bedeutung ist. Die Bewertungskriterien sollten gemeinsam mit dem Auftraggeber oder Kläranlagenbetreiber abgestimmt und ausgearbeitet werden. Hierzu können z. B. folgende Aspekte herangezogen werden:

- Betriebssicherheit,
- Erprobungsgrad der Technik (wie viele großtechnisch realisierte Anlagen mit dieser Technologie gibt es) / Referenzanlagen,
- Flächenverbrauch,
- Komplexität der Anlage im Betrieb,
- Effektivität des Einsatzes von Ozon bzw. Aktivkohle,
- Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten,
- Sonstiges.

Diese einzelnen Bewertungskriterien sollten gewichtet werden. Diese Wichtung ist mit dem Auftraggeber / Kläranlagenbetreiber abzustimmen. Die Ergebnisse sind in einer entsprechenden

Bewertungsmatrix darzustellen und abschließend fachtechnisch zu diskutieren.

**Zusammenfassung der wesentlichen Inhaltspunkte:**

- Bewertung der untersuchten Verfahrenstechnologien anhand monetärer und nicht monetärer Aspekte
- Darstellung der Ergebnisse in einer nachvollziehbaren Bewertungsmatrix

**B 11. Fazit**

Im Rahmen eines Fazits sind die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie zusammenzufassen, die Schlussfolgerungen zu ziehen und, soweit möglich, ein Vorschlag für das weitere Vorgehen zu unterbreiten.

# Impressum

**Herausgeber**

ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW  
Graeffstr. 5  
50823 Köln  
Tel. +49 221 57402 53  
Fax + 49 221 5740253  
www.kompetenzzentrum-mikroschadstoffe.de

**Inhaltliche Bearbeitung**

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,  
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV)**  
40190 Düsseldorf  
Referat IV-7  
www.mkulnv.nrw.de

**Landesamt für Natur, Umwelt und  
Verbraucherschutz (LANUV) NRW**

Fachbereich 57  
Postfach 101052  
45610 Recklinghausen  
www.lanuv.nrw.de

**Redaktion:**

Sandra Ante, Dr. Demet Antakyali, Dr. Heinrich  
Herbst, Dr. Tim aus der Beek, Dr. Axel Bergmann,  
Andrea Börgers, Dr. Jochen Türk

**Gestaltung:**

ID – Kommunikation  
Agentur für umweltorientierte Kommunikation  
S1,1  
68161 Mannheim  
www.idkommunikation.de

**Fotos:**

Fotolia Bildagentur: Seite 1, 6, 11

**Druck:**

Häfner & Jöst Digitaldruck GmbH  
Heidelberger Straße 1  
68535 Edingen/Deutschland

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien, noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel.

Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt hiervon unberührt. Unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

