



**EGLV**

Lippeverband

# Abschlussbericht

## Kurzfassung

### **Spurenstoffe in der Lippe:**

Situationsanalyse der Gesamtemissionen und Szenarienbetrachtung zur Reduktion der Einträge auf Kläranlagen im Lippeverbandsgebiet für die Bereiche der Bezirksregierungen Arnsberg, Münster und Düsseldorf

Gefördert durch das

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

Vertreten durch die Bezirksregierung Arnsberg  
Aktenzeichen: 54.20.80-003/2017-002

Essen, Juni 2021



# Abschlussbericht - Kurzfassung

**Spurenstoffe in der Lippe:**

**Situationsanalyse der Gesamtemissionen und  
Szenarienbetrachtung zur Reduktion der Einträge auf Kläranlagen  
im Lippeverbandsgebiet**

***Für die Bereiche der Bezirksregierungen Arnsberg, Münster und  
Düsseldorf***

**Gefördert durch das**

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

**Vertreten durch die Bezirksregierung Arnsberg**

**Aktenzeichen: 54.20.80-003/2017-002**

Lippeverband, Juni 2021

Zitiervorschlag: Lippeverband (2021): Spurenstoffe in der Lippe - Situationsanalyse der Gesamtemissionen und Szenarienbetrachtung zur Reduktion der Einträge auf Kläranlagen im Lippeverbandsgebiet Gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, vertreten durch die Bezirksregierung Arnsberg; Förderkennzeichen: 54.20.80-003/2017-002

### Gesamtzuwendungsempfänger:



Lippeverband

**Lippeverband**  
Kronprinzenstraße 24  
45128 Essen

Dr.-Ing. Issa Nafo  
Dr.-Ing. Sven Lyko  
Dr. Antje Bechtel  
Peter zur Mühlen  
Dipl.-Ing. Martin Hetschel

### Unterauftragnehmer:



**Lippe Wassertechnik GmbH**  
Brunnenstraße 37  
45128 Essen

Dipl.-Ing. Peter Wulf  
Dipl.-Ing. Kristina Haber



**Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft mbH**  
Untere Lichtenplatzer Straße 100  
42289 Wuppertal

Dipl.-Ing. Yannick Taudien  
Dr.-Ing. Gerd Kolisch



**Institut für Umweltsystemforschung  
Universität Osnabrück**  
Barbarastr. 12  
49076 Osnabrück

Dr. Jörg Klasmeier

Chemische Analysen durch:

**Eurofins Umwelt West GmbH**, Vorgebirgstraße 20, 50389 Wesseling  
(Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel)

**UCL Umwelt Control Labor GmbH**, Joseph-Rethmann-Str. 5, 44536 Lünen  
(andere chemische Parameter)

### An Lenkungskreis und Arbeitsgruppen beteiligte Institutionen (vertreten durch):

Lippeverband (Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Ekkehard Pfeiffer)

Bezirksregierung Arnsberg

Bezirksregierung Düsseldorf

Bezirksregierung Münster

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

## Kurzfassung

Im Zuge der Bewirtschaftungsplanung zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in NRW wurde angesichts vorliegender wissenschaftlicher Erkenntnisse über die Wirkung von Spurenstoffen im Gewässer angenommen, dass das Vorkommen von Spurenstoffen dazu beitragen kann, dass Wasserkörper nicht den guten ökologischen Gewässerzustand erreichen können. Daher wurden im Maßnahmenprogramm NRW 2016 – 2021 Maßnahmen an 30 Kläranlagen von Lippeverband und Emschergenossenschaft (MKULNV NRW, 2015) gefordert. Und zwar i.d.R. die Durchführung von Machbarkeitsstudien (PGM 501) in Verbindung mit der PGM 4, dem Ausbau von Kläranlagen zur Spurenstoffelimination und teilweise auch zur Reduzierung allgemeiner chemisch physikalischer, klassischer Abwasserparameter wie Phosphor, Stickstoff, TOC.

Um Grundlagen für eine Entscheidungsfindung über Aufwand und Wirksamkeit eines Ausbaus kommunaler Kläranlagen zur Spurenstoffelimination vorzulegen, wurde gemeinsam mit den zuständigen Bezirksregierungen Arnsberg, Düsseldorf und Münster eine Vorgehensweise aus einer Kombination von Monitoring, Machbarkeitsstudien und Stoffflussbilanzierung entwickelt, die im Ergebnis eine Bewertung der Kosteneffizienz von Ausbaumaßnahmen zur Spurenstoffelimination ermöglichen.

Die Umsetzung dieser Vorgehensweise im vorliegenden Vorhaben erfolgte in enger und konstruktiver Zusammenarbeit zwischen dem Lippeverband und den Bezirksregierungen über einen begleitenden Lenkungskreis. In verschiedenen Arbeitsgruppen bestehend aus Mitgliedern des Lenkungskreises und des LANUV NRW wurden die zu untersuchenden Parameter und die Messstellen für das Monitoring festgelegt sowie die Modellparametrisierung und die Rahmenbedingungen für die technischen Machbarkeitsstudien verabredet. Ferner wurden in fünf Meilensteinterminen Zwischenergebnisse diskutiert und weitere Bearbeitungsschritte abgestimmt.

Unter anderem wurden im Messprogramm 96 Proben an 37 Messstellen auf 131 Parameter untersucht, darunter 16 Messstellen an Zu- und Abläufen von ausgewählten Kläranlagen und 21 Messstellen im Gewässer. An acht ausgewählten Kläranlagen wurde eine technische Machbarkeitsstudie zur Spurenstoffelimination durchgeführt. Aus den ermittelten Kosten wurden Kostenfunktionen erzeugt, die zur Abschätzung der Ausbaukosten an weiteren Standorten herangezogen werden. Mit einem Stoffflussbilanzmodell wurde die Wirkung von Ausbauszenarien ermittelt. Schließlich erfolgte eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Ausbauszenarien und kläranlagenspezifischen Maßnahmen hinsichtlich verschiedener Ziele.

Die in der Lippe beim Eintritt in das Lippeverbandsgebiet vorliegende Gesamt-P-Konzentration in Höhe des Orientierungswerts nimmt im weiteren Verlauf der Lippe zu. An einzelnen untersuchten Gewässermessstellen wird der Orientierungswert eingehalten. Siedlungswasserwirtschaftliche Einflüsse sind erkennbar. Jedoch können diffuse landwirtschaftliche Einflüsse nicht ausgeschlossen werden, da auch oberhalb von Abwassereinleitungen tlw. Konzentrationen über den Orientierungswert im Gewässer gemessen wurden.

Die Leitparameter für die Spurenstoffe Benzotriazol, Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Terbutryn werden zwar im Gewässer nachgewiesen, jedoch werden die entsprechenden Qualitätsziele unterschritten. Die Abwasserbürtigkeit der Leitparameter (außer Terbutryn) ist deutlich zu erkennen. Insbesondere Diclofenac wurde an allen Gewässermessstellen mit Abwassereinfluss in Konzentrationen über dem Beurteilungskriterium gemessen.

Das Stoffflussbilanzmodell für das Einzugsgebiet der Lippe mit dem Modellansatz GREAT-ER wurde so kalibriert, dass die modellierten Gewässerkonzentrationen und -frachten im Ist-Zustand bei MQ gut mit den Messungen übereinstimmten (Ausnahme Terbutryn). Die modelltechnische Bewertung der Ausbauszenarien zeigt, dass selbst mit dem Ausbau aller Kläranlagen des Lippeverbands mit einer Ausbaugröße über 10.000 EW die Qualitätsziele für Amidotrisoesäure, Ibuprofen und Diclofenac nicht flächendeckend im Gewässer eingehalten werden. Jedoch können mit einer gezielten Auswahl von Kläranlagenstandorten über die streckengewichtete Fracht für den Ausbau von Spurenstoffeliminationsstufen die Konzentrationen von Diclofenac in Lippe, Ahse, Seseke und Stever auf bzw. unter 100 ng/l reduziert werden.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigte, dass mit Bezug auf die hier betrachteten Nutzenkategorien eine gezielte Kläranlagenauswahl der pauschalen Auswahl nach Ausbaugröße von Kläranlagenstandorten für die Spurenstoffelimination vorzuziehen ist. Dabei hat insbesondere der Ausbau von Kläranlagen mit einer hohen Strahlwirkung in Kombination mit einer großen Entlastungsfracht und einem großen Abwasseranteil im Gewässer eine hohe Kosteneffizienz. Ferner ist eine Vollstromauslegung der Spurenstoffeliminationsstufe nicht zwangsläufig kosteneffizienter als die Teilstrombehandlung. Dem größeren Nutzen im Hinblick auf die Reinigungsleistung einer Vollstrombehandlung stehen insgesamt höhere Kosten sowohl beim Ausbau als auch im Betrieb gegenüber. Der Ausbau von Kläranlagen im Teilstrom ist ökonomisch wesentlich effizienter als im Vollstromverfahren.

Im Einzelnen können ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

## 1 Ergebnisse des Monitorings

Im Gewässer und an Zu- und Ablauf von ausgewählten Kläranlagen wurden allgemein-chemische Parameter, Arznei- und Röntgenkontrastmittel, Pflanzenschutzmittel, Pestizide sowie Perfluorierte Tenside untersucht und bezüglich der Qualitätsziele (vorhandene Umweltqualitätsnormen oder Vorschläge für Präventivwerte) bewertet.

### *Allgemein-chemische Parameter (hier am Bsp. Gesamt-Phosphor)*

Die in der Lippe beim Eintritt in das Lippeverbandsgebiet vorliegende Gesamt-P-Konzentration in Höhe des Orientierungswerts nimmt im weiteren Verlauf der Lippe zu. An einzelnen untersuchten Gewässermessstellen wird der Orientierungswert eingehalten. Siedlungswasserwirtschaftliche Einflüsse sind erkennbar. Jedoch können diffuse landwirtschaftliche Einflüsse nicht ausgeschlossen werden, da auch oberhalb von Abwassereinleitungen tlw. Konzentrationen über den Orientierungswert im Gewässer gemessen wurden.

### *Leitparameter von Spurenstoffen*

Als Leitparameter für Spurenstoffe wurden die Arzneimittelwirkstoffe Diclofenac, Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Clarithromycin, das Pflanzenschutzmittel Terbutryn und das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol untersucht. Benzotriazol, Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Terbutryn werden zwar im Gewässer nachgewiesen, jedoch werden die entsprechenden Qualitätsziele unterschritten. Die Abwasserbürtigkeit der Leitparameter (außer Terbutryn) ist deutlich zu erkennen. Insbesondere Diclofenac wurde an allen Gewässermessstellen mit Abwassereinfluss in Konzentrationen über dem Beurteilungskriterium gemessen.

### *Pflanzenschutzmittel und Pestizide*

Die PSBM wurden räumlich vereinzelt und zeitlich unregelmäßig nachgewiesen. Für sieben der insgesamt 45 analysierten PSBM wurden vereinzelt Überschreitungen der Qualitätsziele festgestellt (Metolachlor ESA, Omethoat, Ametryn, Mecoprop P, Imidacloprid, Nicosulfuron, Chloridazon), bspw. für die Parameter Metolachlor ESA und Nicosulfuron in der Stever sowie für Nicosulfuron und Omethoat im Soestbach.

### *Perfluorierte Tenside*

Neun der insgesamt zwölf untersuchten PFT waren nicht auffällig. Überschreitungen der Beurteilungskriterien wurden lediglich bei Perfluorhexansulfonsäure im Rexebach oberhalb der Kläranlage sowie für Perfluoroctansulfonsäure und Perfluoroctansulfonsäure-1H,1H,2H,2H überwiegend aus dem Sesekegebiet ermittelt. Jedoch ist bei beiden zuletzt genannten PFT die Bestimmungsgrenze viel höher als das Bewertungskriterium, sodass bereits bei Nachweis der entsprechenden Substanzen über der Bestimmungsgrenze das Beurteilungskriterium um das Vielfache überschritten wird.

## **2 Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmenzenarien**

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen hinsichtlich verschiedener Ziele wurde ein Spurenstoffmodell mit dem Modellansatz GREAT-ER für das Einzugsgebiet der Lippe auf Basis des vorhandenen NRW-Modells erstellt und mit Hilfe der langjährigen Zeitreihe (1998-2018) aus dem Niederschlags-Abfluss-Modell der Lippe des Lippeverbands an insgesamt 108 Stützstellen für MQ, MNQ und Q183 hydrologisch neu parametrisiert. Damit werden Gewässerkonzentrationen resultierend aus durchschnittlichen Belastungen berechnet. Acht Substanzen wurden für die Modellierung ausgewählt.

- Die Modellierung des Ist-Zustandes bei MQ deckt sich gut mit den Ergebnissen des Monitorings. Die modellierten Konzentrationen und Frachten stimmen gut mit den Messungen überein.
- Das Modell ist für die Abbildung von Substanzen wie Terbutryn nicht geeignet, da sie ein sehr ungleichmäßiges Eintragsverhalten auch über Niederschlagsabflüsse aufweisen.

Die Bewertung der Wirksamkeit von Ausbaumaßnahmen in fünf Szenarien erfolgte im Vergleich zu einem Basisszenario als Referenz bei MQ im Gewässer für Diclofenac (alle Szenarien) sowie für ausgewählte Szenarien für Ibuprofen, Clarithromycin und das Röntgenkontrastmittel Amidotrisoesäure .

Um nur die Wirkungen von Maßnahmen im Lippeverbandsgebiet betrachten zu können, wurde das Basisszenario so definiert, dass an der Grenze zum Verbandsgebiet eine Vorbelastung in Höhe des Qualitätsziels für Diclofenac vorliegt. Im Basisszenario und allen anderen Szenarien sind die Wirkungen der bereits ertüchtigten Kläranlagen Dülmen und Bad Sassendorf berücksichtigt.

Als Szenarien wurden betrachtet:

- Szenario 1: Ausbau Kläranlagen der GK 5 (8 Kläranlagen > 100.000 EW + 2 (Dülmen und Bad Sassendorf))
- Szenario 2: Ausbau Kläranlagen der GK 4 (16 Kläranlagen > 50.000 EW + 2)
- Szenario 3: Ausbau Kläranlagen der GK 4 und 5 (31 Kläranlagen > 10.000 EW + 2)
- Szenario 4: Ausbau zehn Kläranlagen mit der höchsten Strahlwirkung (ausgedrückt als streckengewichtete Emission; 10 Kläranlagen + 2)
- Szenario 5: Szenario 4 mit 5 weiteren über zusätzliche Kriterien ausgewählte Standorte (15 Kläranlagen + 2)

Die Modellierung der Ausbauszenarien bei MQ im Gewässer lieferte folgende Ergebnisse:

- Für das Antibiotikum Clarithromycin zeigen sich einzelne Überschreitungen nur im Sesekegebiet, sodass mit dortigen Maßnahmen die Zielwerte erreicht werden können.
- Für Amidotrisoesäure, Ibuprofen und Diclofenac werden selbst im Maximalszenario mit dem Ausbau aller Kläranlagen mit einer Ausbaugröße über 10.000 EW die Qualitätsziele nicht flächendeckend im Gewässer eingehalten. Zusätzlich können für Ibuprofen die Überlauf-frachten aus Mischwasserentlastungen die Frachten aus den Kläranlagen dominieren.
- Mit der Ertüchtigung der Kläranlagen GK 5 > 100.000 EW werden bilanziell die Diclofenac-Konzentration in der Lippe im Lippeverbandsgebiet auf bzw. unter 100 ng/l gesenkt (Zielwert 50 ng/l).
- Mit den Top 10 der über die streckengewichtete Fracht priorisierten Kläranlagen werden 57 % der Ausbaugröße und 72 % der kumulierten streckengewichteten Fracht erfasst. Damit werden die Konzentrationen in Lippe, Ahse und Seseke auf bzw. unter 100 ng/l reduziert. Die Hinzunahme von zwei Kläranlagen im Stevergebiet resultiert ebenfalls in der Stever mit Konzentrationen ähnlicher Größenordnung.



### 3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Ausbaumaßnahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die Wirkungen (Nutzen) von Ausbaumaßnahmen basierend auf verschiedenen Zielen bewertet und den Jahreskosten gegenübergestellt. Die Betrachtung erfolgte am Beispiel von Diclofenac, stellvertretend für die vielen Spurenstoffe, die durch die Breitbandwirkung einer Spurenstoffeliminationsstufe erfasst werden.

Die Abschätzung der Maßnahmenkosten erfolgte auf den Grundlagen von Kostenfunktionen, die mit den Ergebnissen der acht durchgeführten Machbarkeitsstudien aufgestellt wurden.

Für die Ermittlungen der Nutzen wurden als Ziele im Vergleich zum Referenzszenario die Emissionsminderung, die generelle Verbesserung der Gewässerqualität an operativen Messstellen der WRRL bzw. an der unmittelbaren Einleitstelle, die Strahlwirkung (als entlastete Fließ-km oder fließstreckengewichtete Entlastungsfracht) sowie das Erreichen des Qualitätsziels festgelegt. Da die Ergebnisse zu letzterem nicht auf andere Substanzen übertragbar sind, sollte den anderen Zielen eine größere Bedeutung zukommen.

So wurden spezifische Kostenkenngrößen abgeleitet, die neben anderen Kriterien bezogen auf die einzelnen Nutzenkategorien für die Effizienzbetrachtung eines kläranlagenspezifischen Ausbaus für die Spurenstoffelimination bspw. für eine Priorisierung der Ausbaumaßnahmen betrachtet werden können.

Aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist festzuhalten:

- Abgesehen vom Maximalszenario mit dem Ausbau aller Kläranlagen der GK 4 und 5 wird über alle betrachteten Nutzenkategorien hinweg eine bessere Maßnahmeneffizienz bei einer gezielten Auswahl von Kläranlagen als bei der pauschalen Auswahl nach Ausbaugröße erzielt. Insofern ist mit Bezug auf die hier betrachteten Nutzenkategorien eine gezielte Kläranlagenauswahl der pauschalen Auswahl nach Ausbaugröße vorzuziehen.
- Bei einer gezielten Auswahl von Kläranlagen haben Maßnahmen an Standorten mit einer hohen Strahlwirkung in Kombination mit einer großen Entlastungsfracht und einem großen Abwasseranteil im Gewässer eine hohe Kosteneffizienz.
- Eine Vollstromauslegung der Spurenstoffeliminationsstufe ist nicht zwangsläufig kosteneffizienter als die Teilstrombehandlung. Dem größeren Nutzen im Hinblick auf die Reinigungsleistung einer Vollstrombehandlung stehen insgesamt höhere Kosten sowohl beim Ausbau als auch im Betrieb gegenüber.

## 4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein flächendeckender Ausbau aller Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5 nicht zwangsläufig auch zu einer flächendeckenden Einhaltung der Qualitätsziele der betrachteten Leitparameter führt. Somit muss es eher Ziel sein, den größten Nutzen für die Fließgewässer unter einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung effizient zu erzielen:

- Sollte es Ziel sein, möglichst wirtschaftlich die Fracht an Spurenstoffen aus dem Lippeverbandsgebiet zu reduzieren, so wäre es effizienter die Kläranlagen mit den geringsten spezifischen Kosten bezüglich der eliminierten Frachten bzw. der Ausbaugröße auszubauen.
- Sollte es Ziel sein, die Belastungen auf einer langen Fließstrecke der Lippe und der Nebengewässer zu reduzieren, so ist aus ökonomischer Sicht eine gezielte Kläranlagenauswahl der pauschalen Auswahl nach Ausbaugröße vorzuziehen.
- Bei der Auswahl einzelner Kläranlagen für die Spurenstoffelimination sollte der Fokus auf Standorte an den Oberläufen mit einer hohen Strahlwirkung, einer großen Entlastungsfracht und einem hohen Abwasseranteil im Gewässer gelegt werden.
- Der Ausbau von Kläranlagen im Teilstrom ist ökonomisch wesentlich effizienter als im Vollstromverfahren.
- Für eine höhere Kosteneffizienz sollte bei der Auswahl von Kläranlagen zur Spurenstoffelimination neben standortspezifischen Randbedingungen auch die Reduzierung der Nährstoffeinträge (Phosphor) als ein zusätzliches Kriterium berücksichtigt werden.
- Insgesamt sollten Maßnahmen an anderen Quellen miteinbezogen werden, deren Auswirkungen ansonsten den intendierten positiven Effekt der Ausbaumaßnahmen auf die Gewässerökologie negativ beeinflussen könnten.