



**Gemeindewerke Augustdorf**  
Pivitsheider Straße 16  
32832 Augustdorf

# **Machbarkeitsstudie zur Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Augustdorf**



Oktober 2016

## **Kurzbericht**

gefördert durch:

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



Lindenstraße 33, 32825 Blomberg,  
Tel.: 05236 888-414, Fax: 05236 888-476, [www.hydrocompact.de](http://www.hydrocompact.de)

**Bearbeitung der Machbarkeitsstudie durch:**

Dipl.-Ing. Dominik Klein  
[klein@hydrocompact.de](mailto:klein@hydrocompact.de)  
 Tel.: 05236-888-9737

HydroCompact Ingenieure  
 Lindenstraße 33,  
 32825 Blomberg

Aufgestellt: Blomberg, Oktober 2016

**Verlauf:**

Index	Datum	Inhalt / Änderung	Freigabe	Verteiler
1.0	03.11.2016	Vorabzug	Klein	Zimmermann
2.0	08.11.2016	Endfassung	Klein	Zimmermann

Ausfertigung	Anzahl	Verteiler	Versand / Datum
Original	1	Gemeindewerke Augustdorf	08.11.2016
Kopie	7	Bezirksregierung Detmold	19.01.2017
Büroexemplar	1	HydroCompact Ingenieure	

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1	GEWÄSSERBELASTUNG MIT MIKROSCHADSTOFFEN .....	5
1.2	ALLGEMEINE KLÄRANLAGENBESCHREIBUNG.....	6
<b>2</b>	<b>VORUNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>7</b>
2.1	SCREENING AUF MIKROSCHADSTOFFE.....	9
<b>3</b>	<b>AUSLEGUNGSWERTE ANLAGEN VIERTE REINIGUNGSSTUFE</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>AUSARBEITUNG VON TECHNISCHEN ANLAGENKONZEPTEN</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>VERFAHRENSEMPFEHLUNG</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>28</b>

## 1 **Veranlassung**

Das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) ist bestrebt die Qualität der natürlichen Wasserkörper langfristig zu verbessern. Im Zuge der Umsetzung der Ziele der Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL) forciert die Landesregierung eine Maßnahmenplanung u. a. zur Elimination von Mikroschadstoffen im Einzugsgebiet der Ems in Ostwestfalen-Lippe (OWL). Ziel der Maßnahmenplanung ist es einen Bewirtschaftungsplan aufzustellen um den Zustand der Gewässerökosysteme und der unmittelbar von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete zu schützen und zu verbessern. Ferner soll hierdurch u. a. die Einleitung und Freisetzung sogenannter prioritärer Stoffe und prioritärer gefährlicher Stoffe in die Gewässer reduziert werden [SÜRDER, 2014].

Viele Mikroschadstoffe werden über den Abwasserpfad in die Gewässer eingetragen. Konventionelle Kläranlagen können Mikroverunreinigungen durch Arzneimittelrückstände, Kosmetikprodukte, Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien nicht gezielt aus dem Abwasser entfernen. Um die oben genannten Ziele zu erreichen, ist in stark abwasserbelasteten Gewässern die Ausrüstung ausgewählter Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe zur Mikroschadstoffelimination unerlässlich [MERTSCH ET AL, 2016].

Das in der Kläranlage Augustdorf gereinigte kommunale Abwasser wird in den Ölbach eingeleitet. Dieser gehört zum Einzugsgebiet der Ems. Eine Besonderheit des Einzugsgebietes der Ems in OWL ist die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat. Gemäß Artikel 7. Abs. 3 WRRL ist dafür Sorge zu tragen, dass die für die Trinkwasserversorgung zu nutzenden Wasserkörper geschützt werden, um eine Verschlechterung ihrer Qualität zu verhindern und so den für die Gewinnung von Trinkwasser erforderlichen Umfang der Aufbereitung zu verringern.

Vor diesem Hintergrund sollen die technischen Möglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit einer Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Augustdorf, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, näher untersucht werden. Die Maßnahme wird durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW unter der Kennziffer "M-07/15-Au" geführt und gefördert.

## 1.1 Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen

Mit dem gereinigten kommunalen Abwasser werden Rückstände von Arzneimitteln, Bioziden und Haushaltschemikalien, sogenannte Mikroschadstoffe, in das Oberflächengewässer eingetragen.

Zur Ermittlung der Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen wurden, im Rahmen der Machbarkeitsstudie, Messungen im Gewässer durchgeführt. Hierzu hat die OWL Umweltanalytik GmbH am 08.04.2016 Stichproben ober- und unterhalb der Kläranlageneinleitung entnommen. Es wurden insgesamt 20 Parameter aus der Stoffgruppe der Mikroschadstoffe analysiert.

Es zeigt sich, dass die Gewässerbelastung oberhalb der Einleitungsstelle hinsichtlich der untersuchten Mikroschadstoffe weitestgehend unterhalb der Bestimmungsgrenzen der eingesetzten Analyseverfahren liegt. Lediglich die Parameter Amidotrioesäure (Röntgenkontrastmittel), und Benzotriazol (Korrosionsschutzmittel) sind in geringen Konzentrationen nachweisbar.

Unterhalb der Einleitungsstelle sind die einschlägig bekannten Arznei- und Röntgenkontrastmittel sowie der Korrosionsinhibitor Benzotriazol deutlich vorhanden. Somit wird der Eintrag dieser Stoffe in das Gewässer durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser aus der Kläranlage Augustdorf nachgewiesen.

Die vom Bundesumweltamt zur Bewertung von Oberflächengewässern eingeführten Vorsorgewerte (VWa) werden durch die Einleitung aus der Kläranlage Augustdorf für den Parameter Diclofenac und eine Reihe der nicht bewerteten Stoffe nicht eingehalten.

Unter Beachtung des Bemessungs-Mittelabflusses und mittleren Niedrigwasserabflusses im Bereich der Einleitungsstelle (BMQ rd. 100 l/s bzw. BMNQ rd. 40 l/s) sowie der erlaubten Einleitung aus der Kläranlage Augustdorf (bis 95 l/s) wird zudem der relativ große Einfluss der Einleitung auf die Gewässerqualität im Oberlauf des Ölbachs deutlich.

## 1.2 Allgemeine Kläranlagenbeschreibung

Die Kläranlage Augustdorf verfügt über eine Ausbaugröße von 14.500 EW und liegt südwestlich der Gemeinde Augustdorf an der Landstraße 758 (Gemarkung Augustdorf, Flur 12, Parzelle 600). Das Gelände liegt innerhalb eines Landschaftsschutzgebiets. In nordöstlicher Richtung schließt die Wohnbebauung der Gemeinde mit einem Abstand von rd. 30,0 m an das Anlagengelände an.



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



Datum 02.03.2016  
Maßstab 1:1.128

56 Meter

Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2013  
© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2013  
© Planet Observer 2013

Abb. 1.2.1: Luftbild der Kläranlage Augustdorf, [ELWAS-WEB, 2013]

Im Süden grenzt das Kläranlagengelände unmittelbar an diverse Schutzgebiete (Naturschutzgebiet, FFH-Gebiet, Vogelschutzgebiet) an. Die Zufahrt zur Kläranlage erfolgt über einen Gemeindeweg, der direkt an die Landstraße angebunden ist.

Die Kläranlage ist an diesem Standort seit 1974 in Betrieb. Im Laufe der Jahrzehnte wurde die Anlage stetig weiter ergänzt.

## 2 Voruntersuchungen

Zur Erkundung der Verunreinigung mit Mikroschadstoffen hat die Gemeinde Augustdorf eine Voruntersuchung auf Mikroschadstoffe im Ablauf der Kläranlage Augustdorf in Auftrag gegeben.

Die Probenahme erfolgte am Dienstag, 05.08. bis einschließlich Freitag, 08.08.2014 als mehrtägige Mischprobe durch die Firma OWL Umweltanalytik, Leopoldshöhe. Die Laboranalytik wurde vorgenommen von der Firma AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg.

Die einzelnen Leitsubstanzen wurden in Abstimmung mit der Bezirksregierung Detmold ausgewählt. Der Untersuchungsschwerpunkt gilt dabei typischen Arznei- und Röntgenkontrastmitteln. Es wurden folgende Stoffparameter untersucht:

### Arzneimittel:

Bezafibrat, Diclofenac, Naproxen, Phenazon, Carbamazepin, Atenolol, Bisoprolol, Metoprolol, Sotalol, Sulfamethoxazol, Clarithromycin, Oxazepam

### Röntgenkontrastmittel:

Amidotrizoesäure, Iomeprol, Iopamidol, Iopromid

### Pestizide:

Diuron , Isoproturon , Terbutryn

### Korrosionsschutzmittel:

Benzotriazol

### Hormone:

17-alpha-Ethinylestradiol

17-beta-Estradiol

Estron

Die Auswahl der einzelnen Stoffe orientierte sich an den vorhandenen Kenntnissen zur örtlichen Gewässerbelastung, z. B. aus Modellierungsergebnissen zum Eintrag von Schadstoffen und an den Vorgaben der Bezirksregierung Detmold.

### Analyisierte Leitsubstanzen (Arzneimittel) im Ablauf ausgewählter Kläranlagen in OWL

Quellen: Augustdorf (OWL Umweltanalytik 05.-08.08.2014) , LANUV NRW, Sürder, T, 2012, Rheda-Wiedenbrück ( AquaConsult, 2013)

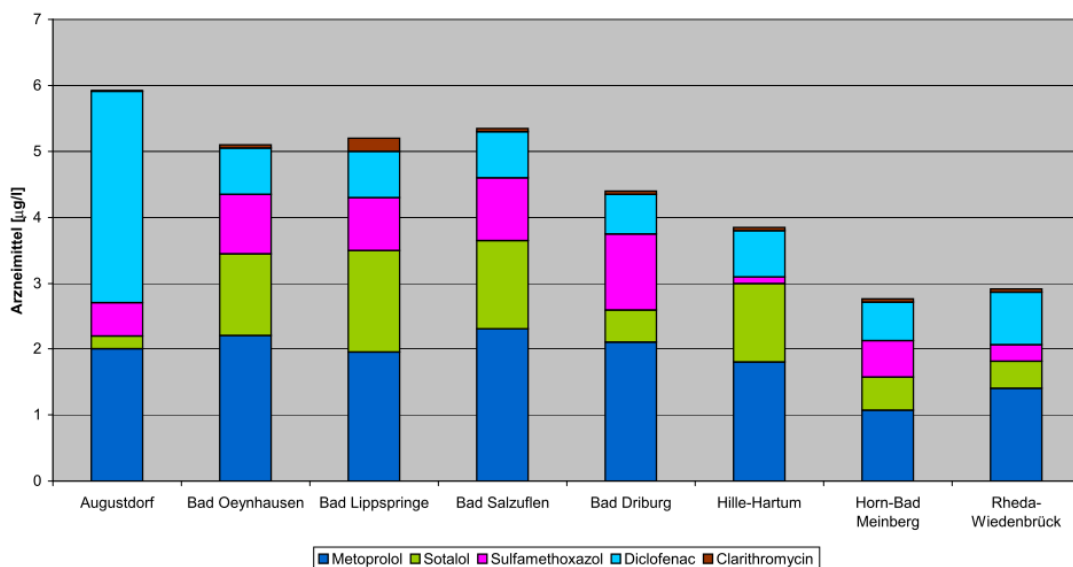


Abb. 2.1: Vergleich analysierter Leitsubstanzen (Arzneimittel) im Ablauf ausgewählter KA

### Analyisierte Leitsubstanzen (Röntgenkontrastmittel) im Ablauf ausgewählter Kläranlagen in OWL

Quellen: Augustdorf (OWL Umweltanalytik 05.-08.08.2014) , LANUV NRW, Sürder, T, 2012, Rheda-Wiedenbrück ( AquaConsult, 2013)

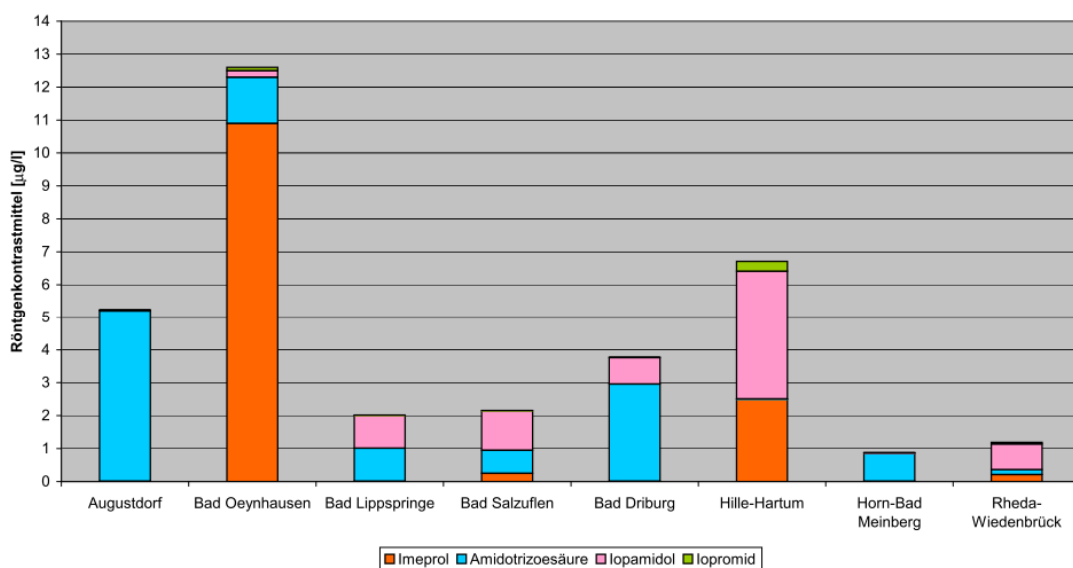


Abb. 2.2: Vergleich analysierter Leitsubstanzen (Röntgenkontrastmittel) im Ablauf ausgewählter KA



Die im Ablauf der Kläranlage Augustdorf gemessenen Arzneimittel und Röntgenkontrastmittel werden im Folgenden mit Messwerten im Ablauf anderer Kläranlagen in OWL verglichen.

Es zeigt sich, dass die analysierten Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage Augustdorf im Vergleich zu den anderen dargestellten Kläranlagen im oberen Bereich stehen. Dieses gilt insbesondere für die Parameter Diclofenac mit 3,2 µg/l und Metoprolol mit 2,0 µg/l.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den analysierten Röntgenkontrastmitteln. Hier ist vor allem der Parameter Amidotrizesäure mit 5,2 µg/l auffällig hoch.

Die analysierten Stoffe wurden in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen. Im Umkehrschluss bedeutet dieses, dass bereits die Ausscheidungen weniger Patienten zu relativ großen Konzentrationsänderungen führen können. Dennoch können aus den Analysen konkrete Hinweise über die Existenz und Inanspruchnahme von Leistungen der im Einzugsgebiet oder in der näheren Umgebung angesiedelten Pflegeeinrichtungen, Krankenhäuser und weiteren medizinischen Einrichtungen abgeleitet werden.

## **2.1 Screening auf Mikroschadstoffe**

Zur weiteren Bewertung der Abwasserbelastung und zur Datenverdichtung erfolgte, in Abstimmung mit der Bezirksregierung Detmold, ein Screening im Ablauf der Kläranlage Augustdorf. Hierzu wurden insgesamt drei 24-Stunden-Mischproben bei Trockenwetter genommen und analysiert. Die Probenahme erfolgte durch OWL Umweltanalytik GmbH am 05.04.2016 bis einschl. 08.04.2016 im Ablauf der Nachklärung. Für den Zeitraum der Mischprobenahme beträgt die zu berücksichtigende Bezugswassermenge 4.466 m<sup>3</sup>.

Die Analytik wurde durch die Fremdlabore AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg und Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Hildesheim, vorgenommen. Neben den 20 Leitparametern aus der Stoffgruppe der Mikroschadstoffe wurden die Parameter Bromid und SAK 254 zusätzlich analysiert. Auf eine Analyse von Hormonen wurde im Rahmen des Screenings verzichtet.

### Analysierte Leitsubstanzen (Arzneimittel) im Ablauf ausgewählter Kläranlagen in OWL

Quellen: Augustdorf (OWL Umweltanalytik 05.-08.08.2014, und 05.-08.04.2016), LANUV NRW, Sürder, T., 2012

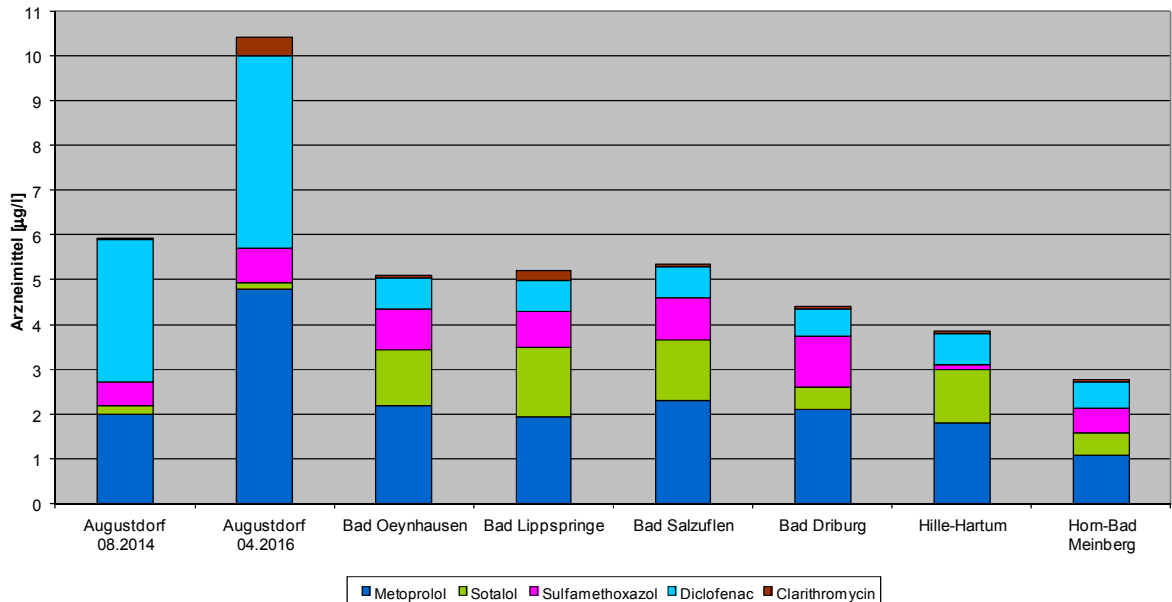


Abb. 2.1.1: Vergleich analysierter Leitsubstanzen (Arzneimittel) im Ablauf ausgewählter KA

Es zeigt sich, dass die analysierten Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage Augustdorf im Vergleich zu den anderen dargestellten Kläranlagen weiterhin im oberen Bereich stehen. Dieses gilt insbesondere für die Parameter Diclofenac mit 4,3 µg/l und Metoprolol mit 4,8 µg/l. Auch der Stoff Clarithromycin liegt mit 0,42 µg/l im Vergleich zu den anderen betrachteten Orten relativ hoch.

Mit Bezug auf die Voruntersuchung haben sich die Arzneimittelkonzentrationen im Abwasser sogar noch erhöht.

Im Hinblick auf eine mögliche Ozonbehandlung wurde die Bromidkonzentration analysiert. Durch die Ozonung kann Bromid zu kanzerogenem Bromat oxidiert werden. Die im Ablauf der Kläranlage Augustdorf analysierte Bromidkonzentration lag unterhalb der Bestimmungsgrenze. Somit ist der Betrieb einer Ozonanlage gefahrlos möglich.

Der spezifische Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK 254) ist eine geeignete Größe zur Steuerung und Überwachung der Spurenstoffentfernung und sowohl für die Ozonung als auch für die Adsorption an Aktivkohle aussagekräftig. Der Parameter SAK 254 wurde bestimmt zu 21m<sup>-1</sup>.

### Analysierte Leitsubstanzen (Röntgenkontrastmittel) im Ablauf ausgewählter Kläranlagen in OWL

Quellen: Augustdorf (OWL Umweltanalytik 05.-08.08.2014, und 05.-08.04.2016), LANUV NRW, Sürder. T, 2012

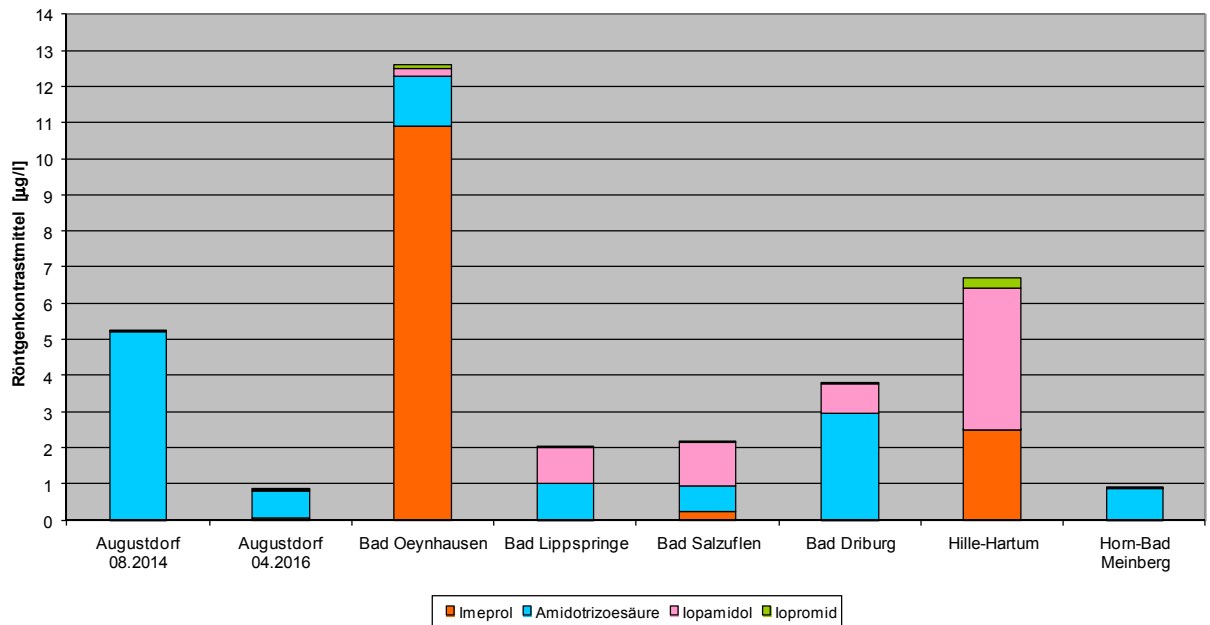


Abb. 2.1.2: Vergleich analysierter Leitsubstanzen (RKMs) im Ablauf ausgewählter KA

Hinsichtlich der Röntgenkontrastmittel zeigt sich, dass die Stoffe Imeprol, Iopamidol und Iopromid im Einzugsgebiet der Kläranlage Augustdorf keine Rolle spielen. Lediglich der Stoff Amidotrizoesäure liegt in einer Konzentration von 0,74 µg/l vor. Im Vergleich zur Voruntersuchung aus dem Jahr 2014 ist dieser Parameter jedoch deutlich reduziert.

### 3 Auslegungswerte Anlagen vierte Reinigungsstufe

Mittels einer sogenannten vierten Reinigungsstufe soll eine Elimination von 80 % der Indikatorsubstanzen zwischen dem Ablauf der biologischen Stufe und dem Ablauf der vierten Reinigungsstufe erreicht werden. Die Eliminationsrate bezieht sich dabei auf die Summe über alle Indikatorsubstanzen.

Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Auslegung der Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination ist die Betrachtung einer Teilstrombehandlung erforderlich. Der Teilstrom wird so gewählt, dass ein Großteil der jährlichen Abflusssituationen darüber abgedeckt wird. Zudem muss sichergestellt sein, dass eine ausreichende Spurenstoffelimination in der Gesamtanlage (bestehende Anlage + vierte Reinigungsstufe) erfolgt. Letzteres kann, für eine Behandlung von 90 % der Gesamtabwassermenge in der vierten Reinigungsstufe, am Beispiel des Arzneimittels Diclofenac nachgewiesen werden (BIEBERSDORF ET AL., 2015).

Unter Berücksichtigung der innerhalb der vorausgegangenen Kapitel beschriebenen Untersuchungen wird die Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Augustdorf in einer Teilstrombehandlung auf der Basis des ermittelten maximalen stündlichen Trockenwetterabflusses ( $Q_{T,h,max}$ ) erforderlich.

Es ergibt sich eine erforderliche hydraulische Auslegung der vierten Reinigungsstufe auf  $125 \text{ m}^3/\text{h}$  (rd. 35 l/s).

#### Zusammenfassung der Auslegungsdaten:

$Q_{Bem}$ :  $125 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $Q_{T,h,max}$ )

$Q_{T2h,min}$ :  $20 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q_{T,daM}$ :  $1.300 \text{ m}^3/\text{d}$

DOC Ablauf NKB :  $9 \text{ g}/\text{m}^3$

$\text{NO}_2\text{-N}$  Ablauf NKB:  $0,2 \text{ g}/\text{m}^3$

## 4 Ausarbeitung von technischen Anlagenkonzepten

Für die Einbindung der Anlagen zur Mikroschadstoffelimination steht im westlichen Teil des Kläranlagengeländes eine Freifläche von rd. 8.200 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Bei der Fläche handelt es sich um eine Ausgleichfläche der 1. Kläranlagenerweiterung.

Die relativ niedrigen CSB- und Nitritfrachten im Ablauf der Nachklärung der Kläranlage Augustdorf lassen hohe Standzeiten der Aktivkohle bzw. eine geringe Zehrung bei den oxidativen Verfahren erwarten. Der Feststoffgehalt im Ablauf der Nachklärung (AFS) schwankt in Abhängigkeit der Jahreszeiten zwischen 2,5 und 7,5 mgTS/l. Die gemessenen Feststoffkonzentrationen im Ablauf der Nachklärung liegen im Mittel deutlich unter 15 mgTS/l. Somit ist eine feststoffarme Beschickung der nachfolgenden Reinigungsstufen zur Mikroschadstoffelimination gewährleistet.

Die Existenz von Bromid ist weder im Trinkwasser noch im Gewässer zu erwarten. Eine im Rahmen des aktuellen Monitoring-Programms durchgeführte Analyse im Kläranlagenablauf ergab keine nachweisbare Konzentration. Somit kann die Existenz von Bromid ausgeschlossen werden. Der Einsatz von Ozon zur Mikroschadstoffelimination ist daher gefahrlos möglich.

Das vorhandene hydraulische Gefälle zwischen der Nachklärung und der Ablaufleitung reicht nicht aus um die Anlagen der 4. Reinigungsstufe auf dem Gelände der Kläranlage mit einem freien Gefälledurchfluss zu integrieren. Daher ist die Installation eines zusätzlichen Hebewerkes erforderlich.

Die besten Wirkungsgrade bei geringen Förderhöhen und relativ großen Wassermengen liefern Schneckenpumpen. Ferner können Schneckenpumpen ihre Fördermenge stufenlos zwischen dem Tastpunkt und dem Füllpunkt selbst regeln. Sie fördern jede zufließende Wassermenge bis zu ihrer Nennleistung, unabhängig von deren Schwankungen. Aus den genannten Gründen wird ein Schneckenpumpwerk vorgesehen. Das Pumpwerk wird je nach Variante auf den jeweils maximalen Bemessungszufluss der 4. Reinigungsstufe ausgelegt. Das Schneckenpumpwerk wird redundant ausgelegt.

Der Kläranlagenablauf wird vor der Einleitung in das Gewässer über ein Teichbauwerk geführt. Die Distanz zwischen Kläranlage und dem Teich beträgt ca. 2,7 km. Der Teich verfügt über eine Oberfläche von rd. 13.300 m<sup>2</sup>. Hinsichtlich der Tiefe liegen derzeit keine gesicherten Aussagen vor. Bei einem "sicheren" Ansatz einer

mittleren Tiefe von lediglich 0,5 m wäre mit rd. 6.500 m<sup>3</sup> bereits ein mehr als ausreichendes Volumen für eine biologische Nachbehandlung vorhanden. Es wird davon ausgegangen, dass im Profil Wassertiefen bis 2,0 m vorhanden sind. Die Teichanlage ist komplett eingefriedet und als Abwasseranlage gekennzeichnet.

In Abstimmung mit der Bezirksregierung Detmold kann diese Teichanlage für die biologische Nachbehandlung des ozonisierten Abwasser verwendet werden. Somit entfällt, für die Varianten mit Ozon, die Erfordernis des Neubaus einer separaten Stufe zur biologischen Nachbehandlung.

In Abstimmung mit der Gemeinde Augustdorf werden im Rahmen der Studie folgende Verfahrensvarianten einer 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen untersucht:

- **Variante 1a:** Ozon, simultane Absorption und Reaktion im Teilstrom, Nachbehandlung (vorh. Teich)
- **Variante 1b:** Ozon, getrennte Absorption und Reaktion im Teilstrom, Nachbehandlung (vorh. Teich)
- **Variante 2a:** PAK-Adsorption in einem Kontaktbecken (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 2b:** PAK: PAK-Adsorption in der Belebung, Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 3:** GAK-Filtration im Teilstrom

Zum Vergleich der einzelnen Lösungsvarianten wird eine dynamische Kostenvergleichsrechnung durchgeführt. Für die Ermittlung der Projektkostenbarwerte (PKBW) und der Jahreskosten werden die vom "Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe, NRW" vorgegebenen finanzmathematischen Kalkulationsparameter angesetzt. Für den Kostenvergleich wird die in Aussicht gestellte Förderung in Höhe von 70% der Investitionskosten zunächst nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse des Variantenvergleichs können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

# Übersicht der Lösungsvarianten (Kostenkennzahlen ohne Berücksichtigung einer Förderung)

	Variante 1a: Ozonung	Variante 1b: Ozonung	Variante 2a: PAK
<b>Anlagen-Kurzbeschreibung</b>	<p><b>Flüssigsauerstoff:</b> Tankanlage</p> <p><b>Ozonerzeuger:</b> 1 x 1.2 kg O<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Reaktionsbehälter:</b> 1 Straße V = 48 m<sup>3</sup> t = 23 Minuten</p> <p><b>Ozoneintragssystem:</b> Diffusoren</p>	<p><b>Flüssigsauerstoff:</b> Tankanlage</p> <p><b>Ozonerzeuger:</b> 1 x 1.1 kg O<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Reaktionsbehälter:</b> 2 Straßen V<sub>ges</sub> = 13 m<sup>3</sup> t<sub>ges</sub> = 5 Minuten</p> <p><b>Absorptionsbehälter:</b> 1,5 m<sup>3</sup></p> <p><b>Ozoneintragssystem:</b> Injektor</p>	<p><b>PAK Silo:</b> V<sub>Nutz</sub> = 3 x 1,5m<sup>3</sup></p> <p><b>PAK Dosieranlage:</b> volumetrisch &amp; gravimetrisch</p> <p><b>Kontaktbehälter:</b> 2 Straßen V<sub>ges</sub> = 60 m<sup>3</sup> t<sub>ges</sub> = 30 Minuten</p> <p><b>Tuchfiltration:</b> 2 Straßen A<sub>F,ges</sub> = 60m<sup>2</sup> Q<sub>zul.</sub> = 454m<sup>3</sup>/h</p>
<b>Vorteile:</b>	<p>gute MS-Eliminationsleistungen (ausser RKM)</p> <p>geringer Betreuungsaufwand bei externer Wartung</p>	<p>bessere O<sub>3</sub>-Löslichkeit durch hohen O<sub>3</sub>-Partialdruck =&gt; geringerer O<sub>2</sub>-Bedarf</p> <p>Möglichkeit der Nutzung des nicht in O<sub>3</sub> gewandelten O<sub>2</sub></p> <p>hohe O<sub>3</sub>-Ausnutzung =&gt; Reduzierung der Aufenthaltszeit im O<sub>3</sub>-Reaktor möglich</p> <p>geringer baulicher Aufwand</p>	<p>sehr gute MS-Eliminationsleistungen</p> <p>sehr guter Suspensarrückhalt durch Filtration</p> <p>Reduzierung der Parameter CSB und P<sub>ges</sub> unterhalb des Schwellenwerts nach AbwAG</p> <p>gute Ausnutzung der Adsorptionskapazität der Kohle durch Mehrfachbeladung</p>
<b>Nachteile:</b>	<p>Schadstoffe werden nicht entnommen, es entstehen Reaktionsprodukte, deren Wirkung auf die Umwelt nicht erschöpfend erforscht ist =&gt; biolog. Nachbehandlung erf.</p> <p>externe Wartung erforderlich =&gt; hohe Wartungskosten</p> <p>hohe Arbeitsschutzanforderungen, da Ozon toxisch ist</p> <p>hoher Energiebedarf</p>	<p>wie Variante 1a, zusätzlich:</p> <p>höhere Wartungskosten durch höheren Technikanteil</p> <p>Verfahren zur MS-Elimination nicht erprobt. Es besteht Forschungsbedarf!</p>	<p>höhere Betreuungsaufwand aufgrund PAK-Dosierung</p> <p>hohe Wartungskosten durch hohen Technikanteil und Wechseln der Filtrationstücher</p> <p>hoher Energiebedarf durch PAK-Dosierung</p> <p>erhöhte Abrasion durch PAK vor allem im Bereich der Schlammwässerung zu erwarten</p>
<b>Kostenkennwerte (brutto)</b>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.181.670 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 69.490.00 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 3.509.400 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 179.050.00 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.285.795 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 69.417 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 3.683.660 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 187.940 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.082.900 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 77.091 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 3.539.380 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 180.580 EUR/a</p>

	Variante 2b: PAK	Variante 3: GAK-Filtration	
<b>Anlagen-Kurzbeschreibung</b>	<p><b>PAK Silo:</b> 1 x 80m<sup>3</sup>, V<sub>Nutz</sub> = 32m<sup>3</sup></p> <p><b>PAK Dosieranlage:</b> volumetrisch &amp; gravimetrisch</p> <p><b>Tuchfiltration:</b> 2 Straßen A<sub>F,ges</sub> = 60m<sup>2</sup> Q<sub>zul.</sub> = 454m<sup>3</sup>/h</p>	<p><b>Filtration:</b> 4 Straßen A<sub>F</sub> = 4m<sup>2</sup>, A<sub>F,ges</sub> = 16m<sup>2</sup> V<sub>F</sub> = 10m<sup>3</sup>, V<sub>F,ges</sub> = 40m<sup>3</sup></p> <p><b>Spülwasserspeicher:</b> V = 100m<sup>3</sup></p> <p><b>Spülabwasserspeicher:</b> V = 25m<sup>3</sup></p>	
<b>Vorteile:</b>	<p>sehr gute MS-Eliminationsleistungen</p> <p>sehr guter Suspensarückhalt durch Filtration</p> <p>Reduzierung der Parameter CSB und P<sub>ges</sub> unterhalb des Schwellenwerts nach AbwAG</p> <p>geringer baulicher Aufwand (kein Kontaktbecken erf.)</p>	<p>sehr gute MS-Eliminationsleistungen</p> <p>Suspensarückhalt durch Filtration</p> <p>einfacher Betrieb mit konventioneller Technik</p>	
<b>Nachteile:</b>	<p>wie Variante 2a, zusätzlich:</p> <p>höhere organische Hintergrundbelastung =&gt; höherer PAK-Bedarf</p>	<p>hoher baulicher Aufwand</p> <p>hoher Kohlebedarf (GAK muss regelmäßig ausgetauscht werden)</p>	
<b>Kostenkennwerte (brutto)</b>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.038.870 EUR</p> <p><b>Betriebskosten</b> 80.167 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 3.514.720 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 179.320 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.023.400 EUR</p> <p><b>Betriebskosten</b> 91.625 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 3.497.100 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 178.420 EUR/a</p>	



## 5 Verfahrensempfehlung

Ein direkter Vergleich der Kostenkennwerte der einzelnen Lösungsvarianten zeigt, dass die untersuchten Varianten hinsichtlich der Projektkostenbarwerte und auch der Jahreskosten relativ eng zusammen liegen. Dennoch liegt die Variante 3 (GAK-Filtration) knapp vor der Variante 1a (Ozonierung).

Für die Bewertung der Lösungen werden zunächst die Auswirkungen von Fördermitteln bei den Investitionskosten auf die Projektkostenbarwerte und Jahreskosten untersucht. Diese betragen 70 % der Herstellungskosten. Die Reinvestitionskosten sowie die Betriebskosten bleiben hiervon unberührt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die hierdurch veränderten Kostenkennwerte der einzelnen Varianten dargestellt. Alle Preisangaben in EUR inkl. 19 % MwSt.

<b>Variante 1a</b>	<b>Variante 1b</b>	<b>Variante 2a</b>	<b>Variante 2b</b>	<b>Variante 3</b>
Ozonierung, simultane Absorption	Ozonierung, separate Absorption	PAK- Dosierung in Kontaktbecken	PAK- Dosierung in die Belebung	GAK-Filtration
<i>Erstinvestition:</i>	<i>Erstinvestition:</i>	<i>Erstinvestition:</i>	<i>Erstinvestition:</i>	<i>Erstinvestition:</i>
<b>354.501,00</b>	<b>385.738,50</b>	<b>324.870,00</b>	<b>311.661,00</b>	<b>307.020,00</b>
<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>
2.682.230,00	2.783.600,00	2.781.350,00	2.787.510,00	2.780.720,00
<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>
136.850,00	142.020,00	141.900,00	142.220,00	141.870,00
<b>100%</b>	<b>103,8%</b>	<b>103,7%</b>	<b>103,9%</b>	<b>103,7%</b>

Tab. 5.1: Zusammenstellung der Kostenkennwerte bei Berücksichtigung einer Förderung

Die Berücksichtigung der Förderung bewirkt hier eine Rangverschiebung. Die Lösungsvariante 1a (Ozonierung) setzt sich gegenüber den anderen Varianten mit einem Vorteil von rd. 4 % an die Spitze. Dieses ist auf die relativ hohen Betriebskosten der GAK-Filtration zurückzuführen.

Die ermittelten Kostenalternativen sind jedoch wegen der Ungewissheit zukünftiger Entwicklungen mit Unsicherheitsmomenten behaftet. Um die Auswirkungen möglicher Änderungen wichtiger Rechengrößen wie Zinssatz, Preissteigerung usw. auf das Ergebnis festzustellen, werden diese in einer realistischen Bandbreite variiert.

Gemäß den Vorgaben der KVR-Leitlinie und des Leitfadens zum Aufbau und Umfang der Machbarkeitsstudie (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe, NRW) ist für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ein fester Zinssatz von 3,0 % vorgegeben. Bei Betrachtung der gegenwärtigen Zinsentwicklung im europäischen Raum erscheint dieser Ansatz, über den gewählten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren, als realistisch. Daher wird hier keine Variation des Zinssatzes vorgenommen.

Anders sieht es bei den Betriebskosten aus. Insbesondere zeichnet sich ein Preisanstieg für den Bezug von Aktivkohleprodukten ab. Dahingegen ist aktuell eine Abwärtsentwicklung bei den Sauerstoffbezugspreisen zu verzeichnen.

Aus aktuellem Anlass werden für die weitere Bewertung, abweichend von den Vorgaben des Kompetenzzentrums für Mikroschadstoffe NRW, für den Bezug von Aktivkohle und O<sub>2</sub> angesetzt folgende Preissteigerungsraten angesetzt:

PAK / GAK: 1,5 % (anstatt 1,0 %)

O<sub>2</sub>: 0,5 % (anstatt 1,0 %)

Alle anderen getroffenen Annahmen hinsichtlich der Preisentwicklung bleiben hiervon unberührt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die hierdurch veränderten Kostenkennwerte der einzelnen Varianten dargestellt. Alle Preisangaben in EUR inkl. 19 % MwSt.

Variante 1a	Variante 1b	Variante 2a	Variante 2b	Variante 3
Ozonierung, simultane Ab- sorption	Ozonierung, separate Ab- sorption	PAK- Dosie- rung in Kon- taktbecken	PAK- Dosierung in die Belebung	GAK-Filtration
<i>Erstinvestition:</i> 354.501,00	<i>Erstinvestition:</i> 385.738,50	<i>Erstinvestition:</i> 324.870,00	<i>Erstinvestition:</i> 311.661,00	<i>Erstinvestition:</i> 307.020,00
<i>PKB:</i> 2.667.670,00	<i>PKB:</i> 2.770.640,00	<i>PKB:</i> 2.796.070,00	<i>PKB:</i> 2.819.220,00	<i>PKB:</i> 2.853.360,00
<i>Jahreskosten:</i> 136.100,00	<i>Jahreskosten:</i> 141.360,00	<i>Jahreskosten:</i> 142.650,00	<i>Jahreskosten:</i> 143.830,00	<i>Jahreskosten:</i> 145.580,00
<b>100%</b>	<b>103,8%</b>	<b>104,8%</b>	<b>105,7%</b>	<b>107,0%</b>

Tab. 5.2: Zusammenstellung der Kostenkennwerte bei Berücksichtigung einer Förderung und der aktuellen Preisentwicklung

Bei Betrachtung der Kostenkennwerte wird deutlich, dass sich bei einer rein monetären Bewertung der verschiedenen Verfahren die Tendenz hin zu einer Lösung mit Ozonierung verdichten. Die Varianten 1a und 1b liegen beide vor den Lösungen mit Aktivkohle.

Im Rahmen einer umfassenden Verfahrensbewertung werden neben den monetären Aspekten weitere Bewertungskriterien berücksichtigt:

- Betriebssicherheit,
- Erprobungsgrad der Technik (wie viele großtechnisch realisierte Anlagen mit dieser Technologie gibt es) / Referenzanlagen,
- Betriebs- und Wartungsaufwand,
- Erstinvestitionskosten,
- Jahreskosten,

Die einzelnen Bewertungskriterien werden in Abstimmung mit dem Auftraggeber wie folgt gewichtet und bewertet:

Kriterium	Wichtung	Bewertung der Lösungsvarianten									
		Variante 1a		Variante 1b		Variante 2a		Variante 2b		Variante 3	
		Punkte	Wertigkeit	Punkte	Wertigkeit	Punkte	Wertigkeit	Punkte	Wertigkeit	Punkte	Wertigkeit
Betriebssicherheit	0,15	2	0,3	3	0,5	4	0,6	4	0,6	5	0,8
Erprobungsgrad	0,15	5	0,8	4	0,6	5	0,8	3	0,5	5	0,8
Betriebs- und Wartungsaufwand	0,25	5	1,3	5	1,3	3	0,8	4	1,0	5	1,3
Erstinvestitionen	0,10	4	0,4	4	0,4	4	0,4	5	0,5	5	0,5
Jahreskosten	0,35	5	1,8	4	1,4	3	1,1	2	0,7	1	0,4
<b>Summe:</b>	<b>1,00</b>	<b>21,00</b>	<b>4,45</b>	<b>20,00</b>	<b>4,10</b>	<b>19,00</b>	<b>3,55</b>	<b>18,00</b>	<b>3,25</b>	<b>21,00</b>	<b>3,60</b>

Tab. 5.3: Wichtung und Wertung nach Punkten (1 = ungenügend, 5 = sehr gut)

Auch nach der Einbeziehung der nicht monetären Kriterien in die Bewertung ergeben sich an der Rangfolge der Varianten keine weiteren Änderungen. Die Lösungsvarianten der Ozonierung 1a und 2b liegen mit 4,45 bzw. 4,10 Punkten deutlich vor den Varianten mit PAK und GAK. Diese liegen bei 3,55 (V2a), 3,25 (V2b) und 3,60 (V3).

## 6 Zusammenfassung

Im Zuge der Umsetzung der Ziele der Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie, WRRL) forciert die Landesregierung eine Maßnahmenplanung u. a. zur Elimination von Mikroschadstoffen im Einzugsgebiet der Ems in Ostwestfalen-Lippe (OWL).

Das in der Kläranlage Augustdorf gereinigte kommunale Abwasser wird in den Öl-  
bach eingeleitet. Dieser gehört zum Einzugsgebiet der Ems. Eine Besonderheit des Einzugsgebietes der Ems in OWL ist die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat. Gemäß Artikel 7. Abs. 3 WRRL ist dafür Sorge zu tragen, dass die für die Trinkwasserversorgung zu nutzenden Wasserkörper geschützt werden, um eine Verschlechterung ihrer Qualität zu verhindern und so den für die Trinkwassergewinnung erforderlichen Umfang der Aufbereitung zu verringern.

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie werden die technischen Möglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit einer Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Augustdorf untersucht.

Zur Feststellung der Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen durch die Einleitung der Kläranlage Augustdorf wurden Messungen im Gewässer ober- und unterhalb der Kläranlageneinleitung entnommen. Oberhalb der Einleitung wurde nahezu keine Belastung gemessen. Ausgehend von dem durch das Umweltbundesamt empfohlenen allgemeinen Vorsorgewert (VWa) wird für den Leitparameter Diclofenac (0,42 µg/l) und für eine Reihe der nicht bewerteten Stoffe der Vorsorgewert von 0,1 µg/l unterhalb der Einleitungsstelle deutlich überschritten.

Untersuchungen im Ablauf der Nachklärung zeigen, dass die analysierten Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage Augustdorf im Vergleich zu anderen Kläranlagen in OWL im oberen Bereich stehen. Dieses gilt insbesondere für die Parameter Diclofenac mit 4,3 µg/l und Metoprolol mit 4,8 µg/l. Auch der Stoff Clarithromycin liegt mit 0,42 µg/l im Vergleich zu den anderen betrachteten Orten relativ hoch. Hinsichtlich der Röntgenkontrastmittel zeigt sich, dass die Stoffe Iomeprol, Iopamidol und Iopromid im Einzugsgebiet der Kläranlage Augustdorf keine Rolle spielen. Lediglich der Stoff Amidotrizoesäure liegt in einer Konzentration von 0,74 µg/l vor.

Das Einzugsgebiet der Kläranlage Augustdorf wird überwiegend im Trennsystem entwässert. Die Kläranlage hat eine Ausbaugröße von 14.500 EW.

Eine Besonderheit im Einzugsgebiet der Kläranlage ist die Mitbehandlung des häuslichen Abwassers der Generalfeldmarschall-Rommel-Kaserne. Einsatzbedingt ist eine dauerhafte und einheitliche Truppenstärke am Standort Augustdorf jedoch nicht gegeben.

Eine Überprüfung der aktuellen Anlagenbelastung ergibt eine relativ hohe Auslastung. Bedingt durch die Fluktuation der Soldaten kann diese zwischen 85 % und 99 % schwanken.

In Abstimmung mit der Gemeinde Augustdorf werden im Rahmen der Studie folgende Verfahrensvarianten einer 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen untersucht:

- **Variante 1a:** Ozon, simultane Absorption und Reaktion im Teilstrom, Nachbehandlung (vorh. Teich)
- **Variante 1b:** Ozon, getrennte Absorption und Reaktion im Teilstrom, Nachbehandlung (vorh. Teich)
- **Variante 2a:** PAK-Adsorption in einem Kontaktbecken (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 2b:** PAK: PAK-Adsorption in der Belegung, Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 3:** GAK-Filtration im Teilstrom

Die verfahrenstechnische Auslegung der Anlagen erfolgt jeweils auf der Grundlage der im Folgenden aufgelisteten Parameter für einen Teilstrom:

$Q_{\text{Bem}}$ : 125 m<sup>3</sup>/h ( $Q_{\text{T,h,max}}$ )

$Q_{\text{T2h,min}}$ : 20 m<sup>3</sup>/h

$Q_{\text{T,daM}}$ : 1.300 m<sup>3</sup>/d

DOC Ablauf NKB : 9 g/m<sup>3</sup>

NO<sub>2</sub>-N Ablauf NKB: 0,2 g/m<sup>3</sup>

Lediglich bei den Varianten mit PAK-Dosierung ist eine Filtration im Vollstrom ( $454 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $1.400 \text{ m}^3/\text{d}$ ) zum Rückhalt feindisperser PAK erforderlich, da hierbei die PAK zur Mehrfachbeladung in die biologische Stufe zurückgeführt wird.

Für die ausgewählten Lösungsvarianten werden die technischen Umsetzungsmöglichkeiten auf der Kläranlage Augustdorf beschrieben. Die bauliche und hydraulische Einbindung der Anlagen der Verfahrensstufen der 4. Reinigungsstufe in die vorhandene Anlagentechnik wird geprüft und zeichnerisch in Form von Lageplanausschnitten dargestellt.

Es zeigt sich, dass für alle Lösungsvarianten eine Anhebung des zu behandelnden Abwasservolumenstroms erforderlich ist. Alle Lösungsvarianten lassen sich gut auf dem Gelände der Kläranlage Augustdorf und in den vorhandenen Abwasserreinigungsprozess integrieren.

Für alle Verfahrensvarianten werden die Investitions- und Betriebskosten ermittelt. Abweichend von den für eine Kostenschätzung üblichen Genauigkeitsanforderungen erfolgt die Kostenermittlung für relativ genaue Bedarfsangaben auf der Basis vorläufiger Massen mit marktüblichen Preisen. Bei den Preisen handelt es sich um Preise aus aktuellen Budgetangeboten, aus Preisangeboten bei Herstellern/Lieferanten, aus Mittelpreisen der Leistungsverzeichnisse aktueller Projekte oder Werte aus der aktuellen Fachliteratur. Die Preisansätze beinhalten insgesamt eine Genauigkeit von  $\pm 20\%$ . Die auf dieser Grundlage ermittelten Investitions- und Betriebskosten fließen in eine dynamische Kostenvergleichsrechnung nach KVR-Leitlinie ein. Bei Ansatz der durch das Kompetenzzentrum für Mikroschadstoffe, NRW, vorgegebenen Kalkulationsparameter (Zinssatz, Kostensteigerungen, Nutzungsdauer / Zinszeiträume, etc.) ergibt sich die folgende Rangfolge.

- Rang 1: Variante 3: GAK-Filtration,
- Rang 2: Variante 1a: Ozonierung (simultane Absorption und Reaktion)
- Rang 3: Variante 2b: PAK-Dosierung in die Biologie,
- Rang 4: PAK-Dosierung in ein Kontaktbecken,
- Rang 5: Variante 2b: Ozonierung (getrennte Absorption und Reaktion)

Da die Herstellungskosten der einzelnen Lösungsvarianten durch das Land NRW gefördert werden, erfolgt eine erneute Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die Berücksichtigung der Förderung bewirkt eine Rangverschiebung. Die Lösungsvariante 1a (Ozonierung) setzt sich gegenüber den anderen Varianten mit einem Vorteil von rd. 4 % an die Spitze. Die Variante 3 (GAK-Filtration) fällt auf Rang 2 zurück. Dieses ist auf die relativ hohen Betriebskosten dieser Variante zurückzuführen.

Die ermittelten Kostenalternativen sind wegen der Ungewissheit zukünftiger Entwicklungen mit Unsicherheitsmomenten behaftet. Um die Auswirkungen möglicher Änderungen wichtiger Rechengrößen wie Zinssatz, Preissteigerung usw. auf das Ergebnis festzustellen, werden diese in einer realistischen Bandbreite variiert.

Bei Betrachtung der gegenwärtigen Zinsentwicklung im europäischen Raum erscheint der Ansatz eines Zinssatzes von 3,0 % über den gewählten Betrachtungszeitraum von 30 Jahren, realistisch. Daher wird hier keine Variation des Zinssatzes vorgenommen. Anders sieht es bei den Betriebskosten aus. Insbesondere zeichnet sich aktuell ein Preisanstieg für den Bezug von Aktivkohleprodukten ab. Dahingegen ist eine Abwärtsentwicklung bei den Sauerstoffbezugspreisen zu verzeichnen.

Für die weitere Bewertung werden daher, abweichend von den Vorgaben des Kompetenzzentrums für Mikroschadstoffe, NRW, für den Bezug von Aktivkohle und O<sub>2</sub> angesetzt folgende Preissteigerungsraten angesetzt:

PAK / GAK:        1,5 % (anstatt 1,0 %)

O<sub>2</sub>:                0,5 % (anstatt 1,0 %)

Alle anderen getroffenen Annahmen hinsichtlich der Preisentwicklung bleiben hiervon unberührt. Eine erneute Wirtschaftlichkeitsberechnung bewirkt, dass die Verfahrensvarianten mit Ozon die Führung der Rangfolge übernehmen.

Die endgültige Bewertung der einzelnen Varianten erfolgt anhand einer Entscheidungsmatrix, in der neben den erforderlichen Erstinvestitionen und den Jahreskosten noch weitere - nicht monetäre Kriterien - Berücksichtigung finden.



Aus der Variantenbewertung gehen die Lösungsvarianten der Ozonierung als Vorzugsvarianten hervor. Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird somit bestätigt.

Die Lösung nach Variante 1a, Ozonierung mit simultaner Absorption und Reaktion innerhalb des Ozonreaktors, ist bereits auf mehreren Kläranlagen in NRW im Betrieb. Das Verfahren gilt als erprobt.

Die Lösung nach Variante 1b, Ozonierung mit getrennter Absorption und Reaktion, Betrieb eines Absorptionsbehälters und eines Ozonreaktionsbehälters mit kurzen Aufenthaltszeiten, ist im Bereich der Industriebabwasser- und Sickerwasserreinigung seit Jahrzehnten im Einsatz. Auf der Grundlage der vorliegenden Betriebserfahrungen deuten sich Betriebsvorteile hinsichtlich des O<sub>2</sub>-Bedarfs, einer Verkürzung der Verweilzeit innerhalb des Ozon-Reaktors sowie eine Verbesserung der Schadstoffeliminationsrate an. Hinsichtlich der Elimination von Mikroschadstoffen auf kommunalen Kläranlagen liegen derzeit keine gesicherten Erkenntnisse und Erfahrungen vor. Die Durchführung weiterer Forschungen wird als durchaus sinnvoll erachtet. Der Betrieb einer solchen Anlage ist jedoch eher für größere Kläranlagen (mit hohem O<sub>2</sub>-Bedarf) wirtschaftlich interessant.

### **Kostenkennzahlen Lösungsvariante 1a**

**(alle Angaben in EUR inkl. 19% Mehrwertsteuer):**

<b>Herstellungskosten:</b>	<b>1.181.670,00</b>
<b>Herstellungskosten</b>	
<b>(unter Berücksichtigung einer Förderung in Höhe von 70%):</b>	<b><u>354.501,00</u></b>
<b>jährliche Betriebskosten:</b>	<b><u>69.490,00</u></b>
Projektkostenbarwert:	2.667.670,00
Jahreskosten:	136.100,00
<b>spezifische Kosten pro m<sup>3</sup> Abwasser:</b>	<b>0,27</b>
<b>spezifische Kosten pro m<sup>3</sup> Trinkwasser:</b>	<b>0,35</b>
<b>spezifische Kosten pro Einwohner:</b>	<b>9,52</b>

Die spezifischen Kosten werden hier jeweils unter Berücksichtigung einer Förderung in Höhe von 70 % angegeben. Es bestätigt sich, dass die spezifischen Behandlungskosten kleinerer Anlagen höher sind als bei Großanlagen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wird zur Zeit auf der Kläranlage Paderborn Sande eine Ozonanlage als Versuchsanlage aufgebaut. Die Leistung des Ozonerzeugers entspricht der für die Kläranlage Augustdorf benötigten Leistung. Seitens der Bezirksregierung Detmold wurde den Gemeindewerken Augustdorf eine Übernahme der Anlagen zur Ozonerzeugung (Containeranlage) nach dem Abschluss des Forschungsvorhabens in Aussicht gestellt. Hiermit besteht die Möglichkeit die Herstellungskosten für die Anlagen zur Schadstoffelimination auf der Kläranlage Augustdorf noch weiter zu reduzieren.

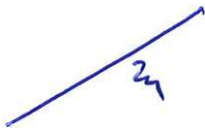
Abschließend ist zu vermerken, dass hinsichtlich der Errichtung einer 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage Augustdorf Handlungsbedarf besteht.

Neben Medikamentenrückständen sind im Ablauf der Kläranlage Augustdorf Röntgenkontrastmitteln (RKM) in relativ hohen Konzentrationen nachgewiesen worden. Röntgenkontrastmittel gelten als extrem persistent. Ein Eintrag in Oberflächengewässer sollte daher möglichst verhindert werden. Die auf Aktivkohle- oder Ozon basierenden Reinigungsverfahren sind für die Elimination von RKM nicht oder nur in einem geringen Maße geeignet. Hier würde sich die Anwendung einer Kombination der bekannten Verfahrensansätze z.B. Ozon in Kombination mit UV, gemäß der Beschreibung nach Kapitel 5.4.1 anbieten. Hier besteht jedoch noch großer Forschungsbedarf, so dass diese Lösung innerhalb der Machbarkeitsstudie nicht weiter untersucht werden konnte.

Aus der vorliegenden Machbarkeitsstudie geht die Lösungsvariante 1a (Ozonierung) als Vorzugsvariante hervor.

Das Ingenieurbüro HydroCompact, Blomberg, empfiehlt den Gemeindewerken Augustdorf die Planung und Errichtung einer Ozonierung nach der Vorzugsvariante (Variante 1a). Zur Sicherung einer Förderung in Höhe von 70 % der Herstellungskosten sind Fördermittel nach dem Förderprogramm "Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW" (ResA) noch in 2016 zu beantragen.

Aufgestellt: Blomberg, Oktober 2016

A handwritten signature in blue ink, consisting of a diagonal line and a small scribble, positioned above a dotted horizontal line.

HydroCompact Ingenieure, Blomberg  
Dipl.-Ing. D. Klein

## 7 Literaturverzeichnis

BIEBERSDORF, N.; URUETA, F. (2015): Machbarkeitsstudie KA Velen 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen (abrufbar unter: [https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx\\_mmkresearchprojects/Studie\\_4RS\\_KA\\_Velen\\_m\\_Anlagen.pdf](https://www.lanuv.nrw.de/uploads/tx_mmkresearchprojects/Studie_4RS_KA_Velen_m_Anlagen.pdf))

ELWAS-WEB (2013): Elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundssystem für die Wasserwirtschaft in NRW, [www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de)

MERTSCH, V.; ANTAKYALI, D.; ANTE, S.; HERBST, H.; SASSE, R.; SCHULZ., J. (2016): Kosten der Elimination von Mikroschadstoffen und mögliche Finanzierungsansätze, 49. ESSENER TAGUNG für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 02. - 04. März 2016, Band 239 der Schriftenreihe Gewässerschutz – Wasser – Abwasser. Hrsg. von J. Pinnekamp, Aachen 2016

SÜRDER, T. (2014): Folien zum Vortrag, Runder Tisch Abwasser Ems, 15.04.2014