



Stadt Borgholzhausen, FB 3  
Masch 2  
33829 Borgholzhausen

# Machbarkeitsstudie zur Elimination von Mikroschadstoffen Zentralkläranlage Borgholzhausen



Dezember 2017

## 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, Dezember 2017

**Verlauf:**

Index	Datum	Inhalt / Änderung	Freigabe	Verteiler
1.0	16.01.2018	Vorabzug	Klein	Peters
1.1	22.01.2018	Endfassung	Klein	Peters

Ausfertigung	Anzahl	Verteiler	Versand / Datum
Original	2	Stadt Borgholzhausen	
Kopie	7	Bezirksregierung Detmold	
Büroexemplar	1	HydroCompact Ingenieure	

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1	KURZBESCHREIBUNG DES GEWÄSSERS.....	6
1.2	ALLGEMEINE KLÄRANLAGENBESCHREIBUNG.....	10
1.3	ERWEITERTES MONITORING AUF MIKROSCHADSTOFFE .....	12
<b>2</b>	<b>AUSLEGUNGSWERTE ANLAGEN VIERTE REINIGUNGSSTUFE</b> .....	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>AUSARBEITUNG VON TECHNISCHEN ANLAGENKONZEPTEN</b> .....	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>VERFAHRENSEMPFEHLUNG</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>31</b>

## 1 **Veranlassung**

Trotz einer in den letzten Jahren zu verzeichnenden Verbesserung der Gewässerqualität in NRW, konnte ein ökologisch guter Zustand, entsprechend den Zielen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) und des deutschen Wasserrechts, in 90 % der Gewässer noch nicht erreicht werden. Der Eintrag von Mikroschadstoffen (z.B.: Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika, synthetische Duftstoffe, Süßstoffe, Farben, Lacke, Röntgenkontrastmittel, Korrosionsschutz- und Flammschutzmittel sowie Pflanzenschutzmittel und Pestizide), führt zu nachweisbaren Belastungen der Gewässer in NRW. Dieses hat das Umweltministerium NRW durch den Bericht „Reine Ruhr“ dokumentiert. Die Monitoring-Ergebnisse der Wasserrahmenrichtlinie bestätigen die vorliegenden Erkenntnisse.

Neben der Gewässerrelevanz ist die Trinkwasserrelevanz der Stoffe ein wichtiger Aspekt in NRW. Oberflächenwasserkörper, die der Trinkwassergewinnung dienen, sind mit dem Ziel zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihrer Qualität verhindert und somit der für die Gewinnung von Trinkwasser erforderliche Umfang der Aufbereitung verringert wird (§ 7, Abs. 1 der OGewV) [KOMPETENZZENTRUM MIKROSCHADSTOFFE NRW; 2015].

Mikroverunreinigungen werden in Siedlungsgebieten verstreut und dezentral über die einzelnen Haushalte in den Abwasserpfad eingetragen. Neben Industrie und Landwirtschaft sind Kläranlagen daher bedeutende Emittenten für Mikroverunreinigungen in die Gewässer („End of Pipe“) und stellen somit auch einen geeigneten Ansatzpunkt für technische Maßnahmen zur Eintragsbegrenzung dar.

Die Zentralkläranlage Borgholzhausen leitet konventionell gereinigtes kommunales Abwasser in die Hessel ein. Die Hessel gehört zum Einzugsgebiet der Ems. Eine Besonderheit des Einzugsgebietes der Ems in OWL ist die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat.

Aufgrund des für NRW flächendeckend vorliegenden Stoffflussmodells "Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser" besteht, aus der Sicht der zuständigen Behörde, für das Gewässer Hessel ein grundsätzlicher Handlungsbedarf, da demnach für fast alle betrachteten Mikroschadstoffe Konzentrationen oberhalb der Orientierungswerte vorliegen.

Handlungsbedarf ist ferner wegen der insgesamt hohen Abwasserlast gegeben. Das Verhältnis der Einleitungsmenge aus der ZKA Borgholzhausen zum mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ )der Hessel beträgt rd. 60 %.

Zum Schutz des Wasserkörpers ist es sinnvoll die technischen Möglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit einer Elimination von Mikroschadstoffen auf der Zentralkläranlage (ZKA) Borgholzhausen näher zu untersuchen. Ein hierfür geeignetes Instrument ist die Durchführung einer Machbarkeitsstudie, welche hiermit vorgelegt wird.

Die Maßnahme wird durch das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW unter der Kennziffer "M-01/17-Bor" geführt und gefördert.

## 1.1 Kurzbeschreibung des Gewässers

Die Hessel im Bereich von Sassenberg bis Borgholzhausen ist mit der Wasserkörper Identifikationsnummer DE\_NRW\_316\_10871 gekennzeichnet. Der betrachtete Wasserkörper hat eine Länge von rd. 25,52 km. Die Saprobie wurde im Rahmen des 3. Monitoringzyklus (EG-WRRL) von "gut auf "mäßig" herabgestuft. Das Makrozoobenthos zeigt für das Bewertungsmodul "Allgemeine Degradation" ebenfalls einen "mäßigen" Zustand an. Für die Fischfauna besteht Handlungsbedarf. Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potential ist mit unbefriedigend dargestellt.

Das Gewässereinzugsgebiet der Hessel von der Quelle bis zur Einleitung aus der ZKA Borgholzhausen hat eine Größe von rd. 14,5 km<sup>2</sup>.

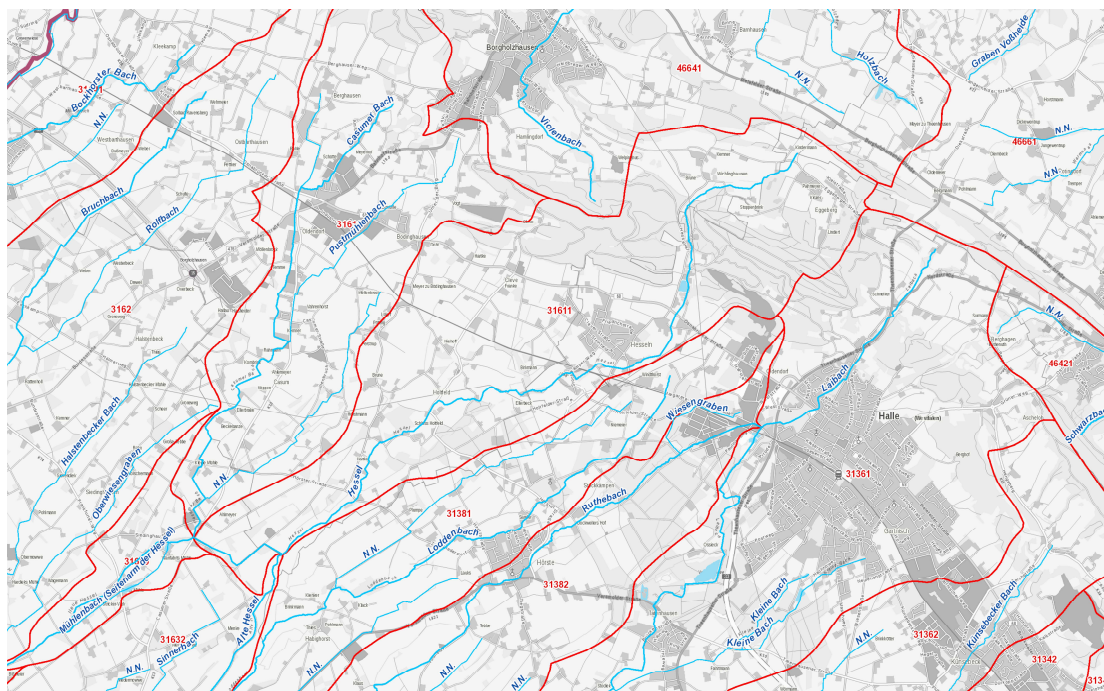


Abb. 1.1.1: Auszug aus der Gewässerstationierungskarte GSK 25, GIS Version 3c, Einleitungsstelle bei km 29,41 [ELWAS-WEB, 2013]

Unter Beachtung des Bemessungs-Mittelabflusses und mittleren Niedrigwasserabflusses im Bereich der Einleitungsstelle (MQ rd.193 l/s bzw. MNQ rd. 52 l/s) sowie der erlaubten Einleitung aus der ZKA Borgholzhausen (bis 126 l/s) wird der relativ große Einfluss der Einleitung auf die Gewässerqualität der Hessel deutlich [KLEIN, 2017].

Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen:

Aufgrund der hohen Abwasserbelastung der nordrhein-westfälischen Fließgewässer, ist auch die Problematik der Mikroschadstoffe für Nordrhein-Westfalen von besonderer Relevanz [GÖTZ ET AL., 2012].

Im Rahmen einer Stoffflussmodellierung für das Land NRW wurde für Arzneimittel und weitere Mikroschadstoffe aus kommunalen Kläranlagen eine flächendeckende Übersicht zur Belastungslage erstellt und der aktuelle Handlungsbedarf aufgezeigt. Mit dem Stoffflussmodell wurden sowohl die Stoffflüsse als auch die Konzentrationen im Gewässer direkt unterhalb der Einleitstellen von Kläranlagen berechnet.

Die Stoffflussmodellierung ergibt für die Hessel unterhalb der Einleitungsstelle der ZKA Borgholzhausen folgende Schadstoff-Konzentrationen [GÖTZ ET AL., 2012]:

Substanz	Modellwert	Qualitätskriterium des Modells	Bezug
Benzotriazol:	6,91 µg/L	10,00 µg/L	Ökol./ökotoxikol. Präventivwert
Carbamazepin:	0,48 µg/L	0,50 µg/L	Ökotoxikol. wirkungs- basiertes Qualitätskriterium
Clarithromycin:	<b>0,20 µg/L</b>	0,06 µg/L	Ökotoxikol. wirkungs- basiertes Qualitätskriterium
Diclofenac:	<b>0,57 µg/L</b>	0,10 µg/L	Ökotoxikol. wirkungs- basiertes Qualitätskriterium
Metoprolol:	1,12 µg/L	7,30 µg/L	Ökotoxikol. wirkungs- basiertes Qualitätskriterium
Sotalol	<b>0,34 µg/L</b>	0,10 µg/L	Ökol./ökotoxikol. Präventivwert
Sulfamethoxazin:	<b>0,41 µg/L</b>	0,15 µg/L	Ökotoxikol. wirkungs- basiertes Qualitätskriterium

Die fett gedruckten Modellwerte stellen eine Überschreitung der im Rahmen des Stoffmodells definierten Qualitätskriterien dar.



Die Bezirksregierung Detmold hat diese Überschreitungen u.a. zum Anlass genommen um zusätzliche Maßnahmen hinsichtlich einer Verdichtung der Datengrundlage im Ablauf der ZKA Borgholzhausen und im Gewässer anzuordnen.

Für das Gewässer Hessel, im Bereich der Einleitung von gereinigtem Abwasser aus der ZKA Borgholzhausen, liegen derzeit keine realen Messergebnisse aus der Gewässerüberwachung des LANUV vor. Die nächste relevante GÜS-Messstelle befindet sich an der Mündung der Hessel in die EMS in der Nähe von Warendorf-Einen. Die hier gemessenen Daten können, aufgrund der relativ großen Entfernung zur Einleitung aus der ZKA Borgholzhausen, nicht für eine Bewertung herangezogen werden.

Zur Validierung der Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen wurden, im Rahmen der Machbarkeitsstudie, Messungen im Gewässer durchgeführt. Hierzu hat die OWL Umweltanalytik GmbH am 31.03.2017 Stichproben ober- und unterhalb der Kläranlageneinleitung entnommen.

Es zeigt sich, dass die Gewässerbelastung oberhalb der Einleitungsstelle, hinsichtlich der untersuchten Mikroschadstoffe, unterhalb der Bestimmungsgrenzen der eingesetzten Analyseverfahren liegt.

Unterhalb der Einleitungsstelle sind die einschlägig bekannten, in der eingangs genannten Stoffflussmodellierung untersuchten, Arznei- und Röntgenkontrastmittel sowie der Korrosionsinhibitor Benzotriazol deutlich nachweisbar. Die Konzentrationen der Substanzen Clarithromycin und Diclofenac entsprechen in etwa den, im Rahmen des Stoffmodells, ermittelten Werten. Eine Überschreitung der Qualitätsziele kann für diese zwei Parameter bestätigt werden. Durch eine am 19.05.2017 im Rahmen der Eigenüberwachung durchgeführte Analyse im Gewässer wurden die Überschreitungen bestätigt.



Hier lagen die Werte für Clarithromycin und Diclofenac sogar bei 0,28 µg/L bzw. 1,20 µg/L.

Für die Konzentrationen der anderen Indikatorsubstanzen gilt, dass diese zwar im Gewässer nachweisbar sind, aber keine Überschreitung der Qualitätsziele vorliegt. Die Konzentrationen der restlichen untersuchten Substanzen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenzen.

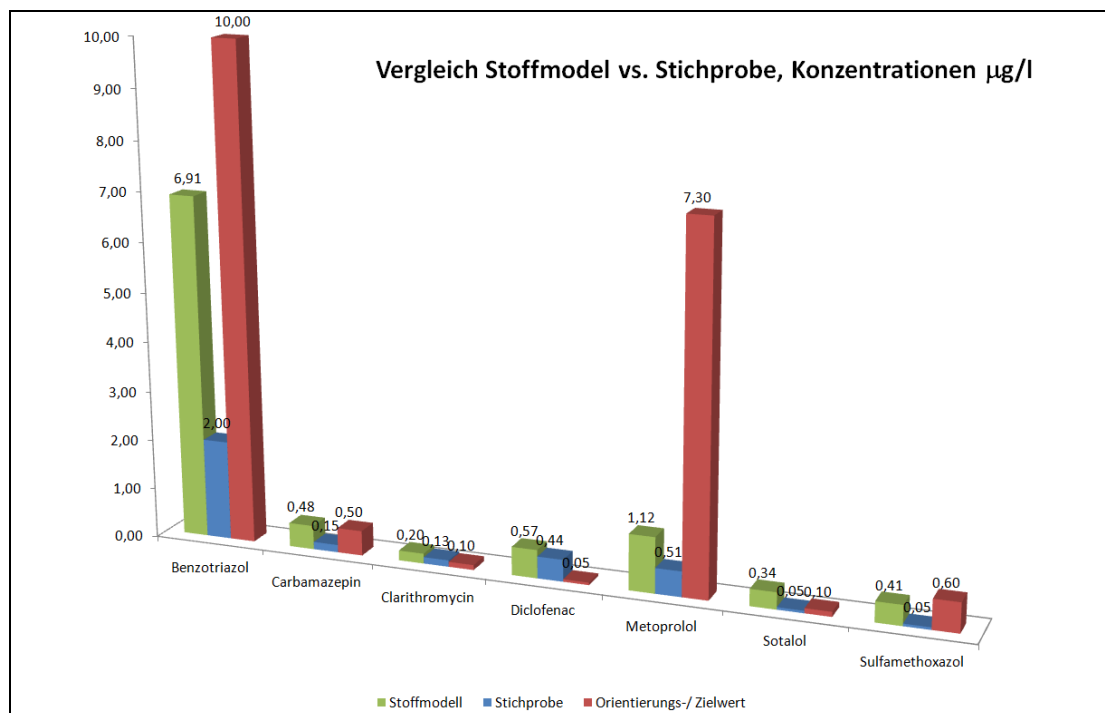


Abb. 1.1.2: Vergleich der Konzentrationen analysierter Leitsubstanzen im Gewässer unterhalb der Einleitungsstelle (Stoffmodell vs. Stichprobe).

**Fazit:**

Die durchgeführten Analysen sowie die Ergebnisse des Stoffmodells bestätigen einen Eintrag von Mikroschadstoffen in das Gewässer durch die Einleitung von gereinigtem Abwasser aus der Zentralkläranlage Borgholzhausen.

## 1.2 Allgemeine Kläranlagenbeschreibung

Die Zentralkläranlage Borgholzhausen "Im Recke" verfügt über eine Ausbaugröße von 21.800 EW. Die Anlage liegt im Außenbereich, südwestlich der Kernstadt Borgholzhausen in einem imaginären Dreieck zwischen den Städten Borgholzhausen, Halle und Versmold.



Abb. 1.2.1: Luftbild der ZKA Borgholzhausen, [ELWAS-WEB, 2013]

Die Zufahrt zur Kläranlage erfolgt über einen Gemeindeweg "Im Recke", der direkt an die Casumer Straße (K23) angebunden ist. Auf der gegenüberliegenden Seite der Zuwegung "Im Recke" beginnt das festgesetzte Überschwemmungsgebiet der Hessel.

Die nächsten Schutzgebiete (FFH-Gebiete, Naturschutzgebiete, geschützte Biotop nach §30 BNatSchG / § 62 LG NW befinden sich östlich des Kläranlagengeländes in einem Abstand von rd. 400 m.

Die Kläranlage ist an diesem Standort in den Jahren 1998 bis 2000 errichtet worden. In 2016 erfolgte eine energetische Optimierung einiger Anlagenteile. In diesem Zusammenhang wurden Änderungen gegenüber der ursprünglichen Planung insbesondere in den Bereichen Beckenbelüftung und der Gebläsestation vorgenommen.

### Zusammenfassung wesentlicher Bauwerke und maschineller Einrichtungen:

- Rechanlage mit Rechengutpresse (Stufenrechen 6 mm),
- Fakalienspeicher ( $V = 55 \text{ m}^3$ ),
- Belüfteter Langsandfang mit Fettfang (LSF= 15,00 m),
- Sandwäscher,
- Abwasserverteiler, innerhalb des Bauwerks "Mittelbauwerk",
- 2 Stück Kombibecken mit innenliegender Nachklärung (intermittierende Denitrifikation mit  $V_{BB1} = V_{BB2} = 3.750 \text{ m}^3$ , jeweils 2 stationäre Rührwerke und 150 Stück Rohrbelüfter (Ott System, Magnum 2000 Silikon), Nachklärbecken jeweils  $D = 18,20 \text{ m}$ ,  $h_{\text{ges}} = 4,41 \text{ m}$ ,  $A = 253 \text{ m}^2$ ,  $Q_{\text{zul.}} = 90 \text{ L/s}$ ,
- Dosieranlage zur chemischen P-Elimination (Fällmittel: Aluminiumhydroxid-Lösung),
- oberirdisch aufgestellter Fällmitteltank ( $V = 25,0 \text{ m}^3$ ),
- Ablaufmengenmessung mit MID,
- Schlammumpwerk,  $Q_{\text{RS,ges}} = 110 \text{ L/s}$ , innerhalb des Bauwerks "Mittelbauwerk",
- Schlammstilo (Vorlage für Schlammmentwässerung),  $V_{\text{Nutz}} = 290 \text{ m}^3$ ,
- Maschinelle Klärschlammmentwässerungsanlage (Dekanter) einschl. Kalkkonditionierung, maximale Durchsatzleistung  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $250 \text{ kgTS/h}$ , Austrag rd. 20% TS,
- Betriebsgebäude mit Gebläsestation, je Becken 1 Stk. Drehkolbengebläse:  $Q_L = 18,5 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta P = 590 \text{ mbar}$ ,  $P_{\text{Mot}} = 30 \text{ kW}$  und 1 Stk. Drehkolbenverdichter:  $Q_L = 16,7 \text{ m}^3/\text{min}$ ,  $\Delta P = 550 \text{ mbar}$ ,  $P_{\text{Mot}} = 22 \text{ kW}$ ,
- Netzersatzanlage 220/264 kW / kVA.

### 1.3 Erweitertes Monitoring auf Mikroschadstoffe

Zur weiteren Bewertung der Abwasserbelastung und zur Datenverdichtung erfolgte, in Abstimmung mit der Bezirksregierung Detmold, ein Monitoring im Ablauf der Zentralkläranlage Borgholzhausen. Hierzu wurden insgesamt drei 72-Stunden-Mischproben bei Trockenwetter im Ablauf der Nachklärung genommen und analysiert. Die Probenahme erfolgte jeweils durch die Fa. OWL Umweltanalytik GmbH.

Messung 1:	28.03.2017 bis 31.03.2017	$Q_{\text{Bezug}} = 6.873 \text{ m}^3$
Messung 2:	30.05.2017 bis 01.06.2017	$Q_{\text{Bezug}} = 7.612 \text{ m}^3$
Messung 3:	01.08.2017 bis 04.08.2017	$Q_{\text{Bezug}} = 5.724 \text{ m}^3$

Neben den Parametern aus der Stoffgruppe der Arzneimittel wurden auch Röntgenkontrastmittel, zwei Parameter aus der Gruppe der Pestizide sowie das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol analysiert. Weiter wurden die Parameter Bromid und SAK 254nm zusätzlich analysiert. Auf eine Analyse von Hormonen, Duftstoffen und Süßstoffen wurde verzichtet.

Des Weiteren wurde, aufgrund der Auflagen des 2. Änderungsbescheids vom 28.10.2016 zum Erlaubnisbescheid vom 21.02.2007, eine zusätzliche Untersuchung im Ablauf der Nachklärung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messung finden in dieser Studie ebenfalls Berücksichtigung.

Messung 4:	16.05.2017 bis 19.05.2017	$Q_{\text{Bezug}} = 5.943 \text{ m}^3$
------------	---------------------------	--

Die Analyse der Messung 4 beschränkte sich, aufgrund der Vorgaben des 2. Änderungsbescheids, auf die Parameter Benzotriazol, Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol und Acesulfam.

In der nachfolgenden Tabelle 1.3.1 sind die Ergebnisse der Leitparameter aus allen durchgeführten Messungen zusammengefasst dargestellt.

Um eine aussagekräftige Einschätzung der Analysewerte zu erhalten werden die Einzelwerte jeweils mit einem Referenzwert sowie dem Bewertungskriterium des Kompetenzzentrums für Mikroschadstoffe NRW (Stoffliste NRW) verglichen. Hieraus kann der spezifische Handlungsbedarf für Stoffgruppen/ Einzelstoffe abgeschätzt werden. Die Referenzwerte stammen aus der Datenbasis der Fa. OWL Umweltanalytik GmbH, Leopoldshöhe. Es handelt sich hierbei um Mittelwerte aus bis zu 250 Analysen von Kläranlagenabläufen ohne 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen.

Stoffgruppe / Einzelstoff	Einheit	Konzentration				Referenz	Bewertung
		Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4		
<b>Arzneimittel</b>							
Carbamazepin	µg/L	0,550	0,630	1,100	0,750	0,831	0,500
Clarithromycin	µg/L	0,480	0,098	0,110	0,220	0,279	0,100
Diclofenac	µg/L	1,500	1,300	1,000	3,000	1,837	0,050
Metoprolol	µg/L	1,800	1,400	1,100	1,200	2,081	7,300
Sulfamethoxazol	µg/L	0,150	0,056	0,100	0,058	0,435	0,600
Sotalol	µg/L	0,120	0,120	0,150	-	0,238	0,100
<b>Röntgenkontrastmittel</b>							
Amidotrizoesäure	µg/L	<0,05	<0,05	0,140	-	2,740	0,100
Imeprol	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	-	3,166	0,100
Iopamidol	µg/L	<0,05	0,130	0,094	-	1,349	0,100
Iopromid	µg/L	<0,05	0,150	<0,05	-	0,564	0,100
<b>Korrosionsschutzmittel</b>							
Benzotriazol	µg/L	9,200	6,400	6,200	6,400	4,956	10,000
<b>Sonstige Stoffe</b>							
Acesulfam	µg/L	-	-	-	2,000	-	0,100
Bromid	µg/L	0,080	0,060	<0,05	-	-	-
Terbutryn	µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,064	-	0,100

Tab.: 1.3.1 Zusammenfassung und Bewertung der Messergebnisse

Die gelb hinterlegten Messwerte kennzeichnen eine Überschreitung des Referenzwertes. Bei den orange hinterlegten Messwerten wurde der Referenzwert deutlich überschritten. Bei leichten und wesentlichen Überschreitung des Bewertungskriteriums gemäß der Stoffliste NRW wird dieses gelb bzw. rot gekennzeichnet. Sofern keine Überschreitung vorliegt erfolgt eine grüne Kennzeichnung.

Eine optische Darstellung der Belastungssituation liefern die folgenden Abbildungen. In Abbildung 1.3.1 sind die Konzentrationen der Leitparameter der einzelnen Messungen sowie die Extrem- und Mittelwerte aus den durchgeführten 4 Messungen dargestellt. Abbildung 1.3.2 zeigt einen Vergleich der Mittelwerte für die ZKA Borgholzhausen zu den Ergebnissen ausgewählter Kläranlagen in OWL.

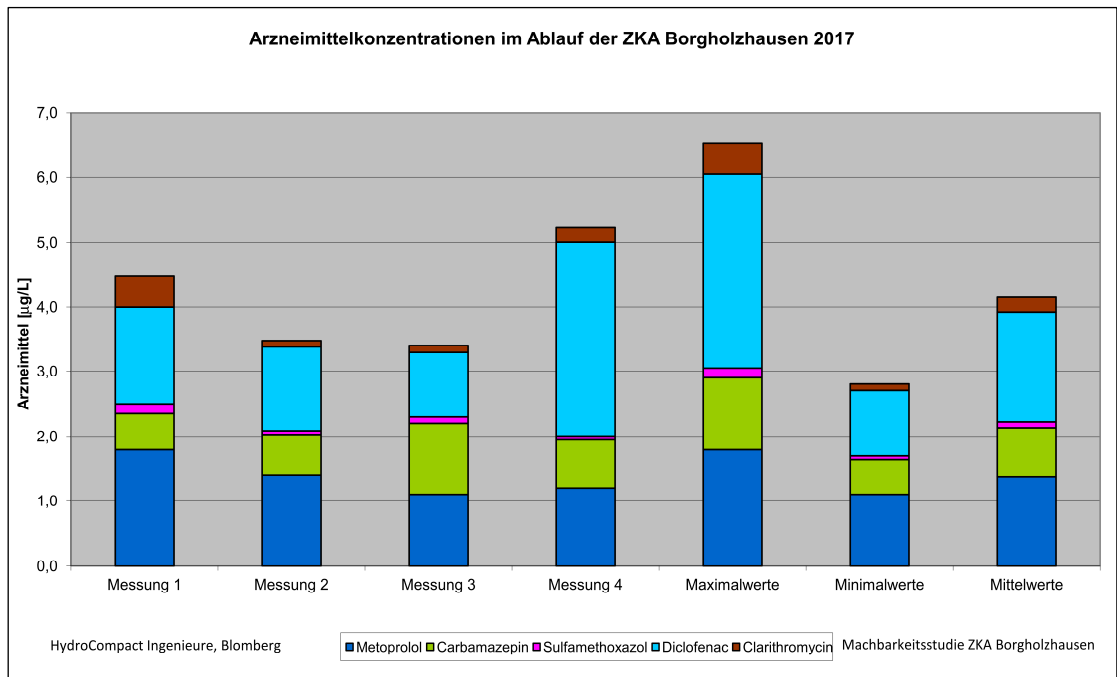


Abb. 1.3.1: Analyisierte Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der ZKA Borgholzhausen

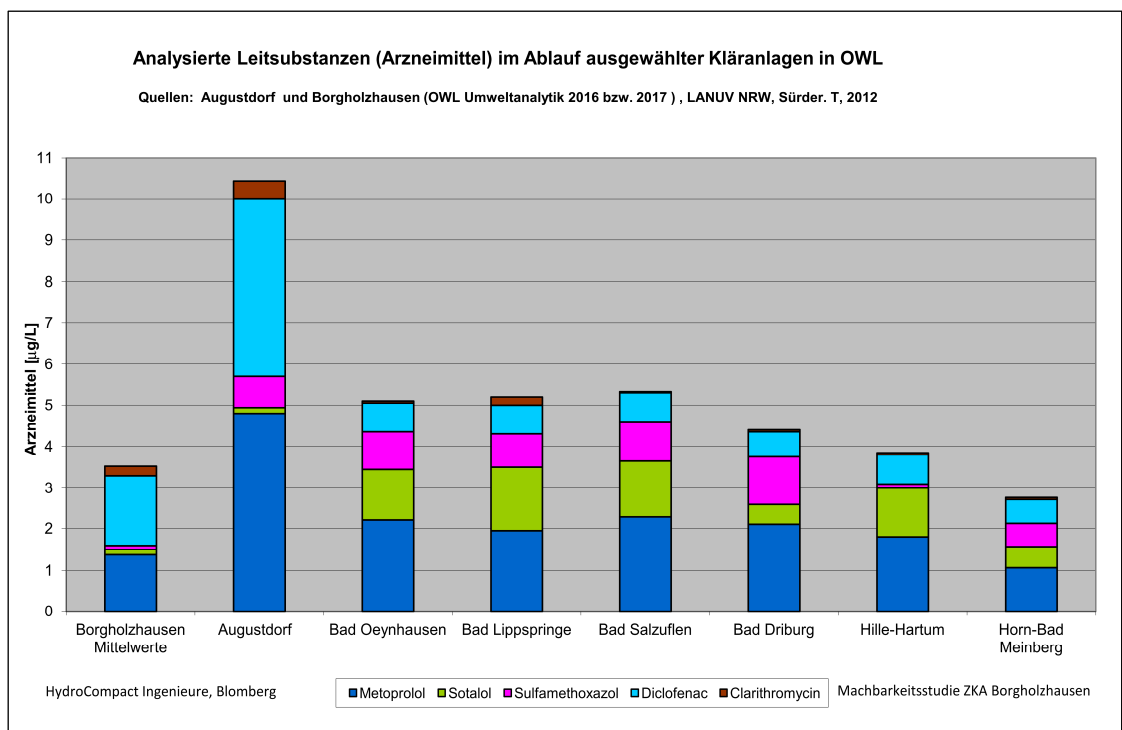


Abb. 1.3.2: Analyisierte Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf ausgewählter Kläranlagen in OWL

Es zeigt sich, dass die analysierten mittleren Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der ZKA Borgholzhausen in der Summe (mit Ausnahme der Kläranlage Augustdorf, wo deutlich höhere Werte vorliegen) durchaus mit den anderen betrachteten Kläranlagen vergleichbar sind.

Die Maximalwerte der Parameter Diclofenac und Clarithromycin mit  $3,0 \mu\text{g/L}$  bzw.  $0,48 \mu\text{g/l}$  liegen im Vergleich zu den Messwerten der anderen betrachteten Anlagen relativ hoch.

Auffällig hoch sind auch die Messwerte des Korrosionsschutzmittels Benzotriazol. Hier wird der Orientierungswert (präventiver Vorsorgewert) in Höhe von  $10 \mu\text{g/L}$  nur knapp unterschritten.

Röntgenkontrastmittel spielen im Ablauf der ZKA Borgholzhausen eine untergeordnete Rolle. Die Messwerte liegen im Bereich des Orientierungswertes in Höhe von  $0,1 \mu\text{g/L}$ . Daher wird auf eine intensivere Betrachtung und Darstellung der Messergebnisse verzichtet.



## 2 Auslegungswerte Anlagen vierte Reinigungsstufe

Mittels einer sogenannten 4. Reinigungsstufe soll eine Elimination von 80 % der Indikatorsubstanzen zwischen dem Ablauf der biologischen Stufe und dem Ablauf der 4. Reinigungsstufe (im Jahresmittel) 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 sinnvoll. 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 + 4. Reinigungsstufe) erfolgt. Letzteres kann, für eine Behandlung von 90 % der Gesamtabwassermenge in der 4. Reinigungsstufe, am Beispiel des Arzneimittels Diclofenac nachgewiesen werden (BIEBERSDORF ET AL., 2015).

### Bemessungswassermenge $Q_{Bem}$ :

Unter Berücksichtigung der innerhalb der vorausgegangenen Kapitel beschriebenen Untersuchungen wird die Elimination von Mikroschadstoffen auf der ZKA Borgholzhausen mindestens in einer Teilstrombehandlung auf der Basis einer möglichen Abwasserbehandlung von 3.000 m<sup>3</sup>/d erforderlich. Bei diesem Ansatz können die Jahresschmutzwassermenge (JSM = 764.231 m<sup>3</sup>/a) und bis zu 89% der Jahresabwassermenge (JAM= 947.102 m<sup>3</sup>/a) behandelt werden. Bei den aufgeführten Abflusswerten handelt es sich um den gewichteten Mittelwert bzw. den Mittelwert aus den letzten 5 Betriebsjahren.

Eine Auswertung der Ganglinien des täglichen Abflusses ergibt, dass bei Ansatz von 144 m<sup>3</sup>/h ca. 90 % der bei Trockenwetter anfallenden täglichen Abwassermenge behandelt werden können. Bei diesem Ansatz ist zudem eine Behandlung von maximal 3.400 m<sup>3</sup> Abwasser pro Tag (dieses entspricht 93% der JAM) möglich. Die Anlagen der 4. Reinigungsstufe (z.B.: Ozongenerator, Ozonreaktor, PAK-Kontaktbecken, etc.) werden für die Varianten der Teilstrombehandlung ausgelegt auf:

$$Q_{Bem, Teilstrom} = 144 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (40 L/s)}$$

Einige Lösungsvarianten erfordern eine Behandlung im Vollstrom. Für diese und für die, zur Einhaltung des  $P_{ges}$  - Überwachungswerts, in jedem Fall erforderliche Flockungsfiltration, wird der maximale RW-Abfluss als Bemessungswassermenge angesetzt.

$$Q_{Bem,Vollstrom} = 454 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (126 L/s)}$$

#### Hydraulik:

Die Hydraulik der im Teilstrom durchflossenen Bauwerke der 4. Reinigungsstufe wird auf den maximalen stündlichen Trockenwetterabfluss ausgelegt. Dieser entspricht in etwa dem doppelten Bemessungsabfluss  $Q_{T,2h,max} = 2 \times 144 = 288 \text{ m}^3/\text{h}$  (80 L/s). Somit stehen ausreichende Reserven für eine spätere Erweiterung zur Verfügung. Die im Vollstrom durchflossenen Bauwerke und Rohrleitungen werden für den maximalen RW-Abfluss ( $454 \text{ m}^3/\text{h}$ ) dimensioniert.

Maßgebend für die hydraulischen Berechnungen ist der höchste Wasserstand an der Einleitungsstelle bei Hochwasser. Hier wird angesetzt: 79.70 m ü. NN. Der Wert wurde abgeleitet aus der Geländehöhe an der Grenze des festgesetzten Überschwemmungsgebiets im Bereich der Einleitungsstelle. Im Rahmen der Studie wurden überschlägliche hydraulische Berechnungen aufgestellt. Diese sind im Fall einer späteren Entwurfsplanung detailliert aufzustellen.

#### Erweiterungsmöglichkeiten:

Die Anlagen der 4. Reinigungsstufe werden modular aufgebaut, sodass für den Fall einer Erhöhung der Kläranlagenauslastung eine einfache Erweiterung der Anlagen zur Mikroschadstoffelimination möglich ist.

**Zusammenfassung der Auslegungsdaten:**

$Q_{\text{Bem, Teilstrom}}$ :	144 m <sup>3</sup> /h	
$Q_{\text{Bem, Vollstrom}}$ :	454 m <sup>3</sup> /h	
$Q_{\text{min}}$ :	25 m <sup>3</sup> /h	
$Q_{\text{daM}}$ :	2.600 m <sup>3</sup> /d	(tägl. Abwasseranfall, Jahresmittel)
$Q_{\text{T, daM}}$ :	2.100 m <sup>3</sup> /d	(tägl. Abwasseranfall TW, Jahresmittel)
$Q_{\text{beh, daM}}$ :	2.400 m <sup>3</sup> /d	(Im Teilstrom behandelt, Jahresmittelwert)
$Q_{\text{nbeh, daM}}$ :	200 m <sup>3</sup> /d	(nicht behandelt, Jahresmittelwert)

**Angesetzt werden:**

DOC:	6,0 g/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> -N:	0,1 g/m <sup>3</sup>
P <sub>ges</sub> :	0,5 g/ m <sup>3</sup>
AFS <sub>daM</sub> :	5,0 g/m <sup>3</sup>
AFS <sub>max</sub> :	8,0 g/m <sup>3</sup>

### 3 Ausarbeitung von technischen Anlagenkonzepten

Für die Einbindung der Anlagen zur Mikroschadstoffelimination steht im südlichen Teil des Kläranlagengeländes, unmittelbar unterhalb des Kombinationsbeckens II, eine Freifläche von  $20,0 \times 50,0 = 1.000 \text{ m}^2$  zur Verfügung.

Die hydraulische Anbindung der Anlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen erfolgt für alle Lösungsvarianten innerhalb des Nassschachtes hinter der heutigen Ablaufmengenmessung (MID). Das MID-Schachtbauwerk liegt unmittelbar im Bereich der neu zu schaffenden Zuwegung zu den Anlagen der 4. Reinigungsstufe. Da die Ablaufmengenmessung an dieser Stelle zukünftig nicht weiter benötigt wird, werden alle Armaturen und die Messeinrichtung zurückgebaut. Die Ablaufrohrleitung wird innerhalb des ehemaligen Trockenschachtbauwerks fest verrohrt. Die Decke und die Wände aus Stahlbeton werden bis zu einer Tiefe von 0,8 m unter GOK abgetrennt und abgebrochen. Die verbleibende Wanne mit der Rohrleitung wird mit Beton verfüllt. Der zum Bauwerk gehörende Nassschacht bleibt erhalten. Dieser wird nur soweit abgetrennt, dass eine neue Stahlbetondecke mit eingebauter, überfahrbarer Schachtabdeckung hergestellt werden kann.

Die Zulaufleitung zu den Anlagen der 4. Reinigungsstufe wird innerhalb des Nassschachtes mit einer Sohlhöhe von ca. 79,60 m ü. NN eingebunden.

Das vorhandene hydraulische Gefälle zwischen der Nachklärung und der Ablaufleitung reicht nicht aus um die Anlagen der 4. Reinigungsstufe mit einem freien Gefälledurchfluss zu integrieren. Je nach Lösungsvariante ist daher die Installation zusätzlicher Pumpwerke 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 werden die erforderlichen Pumpwerke, wenn möglich, mit Schneckenpumpen geplant.

Die relativ niedrigen CSB- und Nitritfrachten im Ablauf der Nachklärung lassen hohe Standzeiten der Aktivkohle bzw. eine geringe Zehrung bei den oxidativen Verfahren erwarten.

Die Bromidkonzentration im Abwasser wurde maximal bestimmt zu 80 µg/L. Die Bromatbildung kann die Anwendung der Ozonung von kommunalem Abwasser limitieren, da Bromat als potenziell kanzerogen eingestuft ist und als derzeit einziges bekanntes Transformationsprodukt einer gesetzlichen Regulierung unterliegt. Aktuelle Forschungen zeigen, dass die Bromatbildung erst ab einer spezifischen Ozon-dosis im Bereich von 0,4–0,6 mg O<sub>3</sub>/mg DOC deutlich ansteigt. Bei Werten ≤ 0,6 mg O<sub>3</sub>/mg DOC ist mit einer erhöhten Bromatbildung nicht zu rechnen [SOLTERMANN ET AL., 2016]. Aus den genannten Gründen sollte die Anwendung von Ozon mit möglichst geringen Ozondosen erfolgen.

Die Feststoffkonzentrationen im Ablauf der Nachklärung liegen gegenwärtig im Mittel mit 5,0 mgTS/L (maximal 8,0 mgTS/L) deutlich unter 15 mgTS/L. Somit ist eine feststoffarme Beschickung der nachfolgenden Reinigungsstufen zur Mikroschadstoffelimination gewährleistet.

Mit dem neuen Erlaubnisbescheid der Einleitung von Abwasser aus der Kläranlage Borgholzhausen in die Hessel, welcher in Kürze erwartet wird, wird der Überwachungswert für den Parameter P<sub>ges</sub> von 1,2 mg/L auf voraussichtlich 0,3 mg/L reduziert. Der P<sub>ges</sub>-Ablaufwert liegt bereits heute bei Betrieb einer Simultanfällung und ohne Flockungsfiltration in diesem Bereich. Um diesen geringen Überwachungswert sicher einhalten zu können, ist dennoch der Betrieb einer Flockungsfiltration im Ablauf der Kläranlage erforderlich. Die Flockungsfiltration wird für eine Belastung von 25 mgTS/L ausgelegt. Unter Berücksichtigung einer maximalen AFS-Konzentration im Ablauf NKB von 8,0 mgTS/L, des Schlammanfalls aus der Nachfällung (ca. 2,0 mgTS/L) sowie der Fällmitteldosierung zur Fällung von PAK in Höhe von ca. 0,2 mgFe/mgPAK ergibt sich eine mögliche Belastung der Filtration mit  $15 * 0,8 = 12 \text{ mgPAK/L}$ .

Die aufgeführten Randbedingungen sind bei der Auswahl der Lösungsvarianten zur Elimination von Mikroschadstoffen entsprechend berücksichtigt worden.

In Abstimmung mit der Stadt Borgholzhausen wurden im Rahmen der Studie folgende Verfahrensvarianten einer 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen untersucht:

- **Variante 1a:** Ozonierung (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 1b:** Ozonierung & GAK-Filter (BAK-Verfahren) im Vollstrom
- **Variante 2a:** PAK-Adsorption in einem Kontaktbecken (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 2b:** PAK-Adsorption in der Belebung, Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 3:** GAK-Filtration im Vollstrom

Zum Vergleich der einzelnen Lösungsvarianten wurde 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 + BAK	Variante 2a: PAK
<b>Anlagen-Kurzbeschreibung</b>	<p><b>Behandlung:</b> Teilstrom (93% JAM)  <math>Q_{Bem} = 144 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>Ozonerzeuger:</b> 2 x 0,5 kg O<sub>3</sub>/h</p> <p><b>Reaktionsbehälter:</b> 2 Straßen <math>V_1=V_2 = 64 \text{ m}^3</math>  <math>t_{ges} = 25 \text{ Minuten}</math>                      (2. Straße als Reserve)</p> <p><b>Ozoneintragssystem:</b> Diffusoren</p> <p><b>biol. Nachbehandlung:</b> Wirbelbettreaktor</p> <p><b>Tuchfiltration:</b> 2 Straßen <math>A_{F,ges} = 60\text{m}^2</math>  <math>Q_{zul.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}</math></p>	<p><b>Behandlung:</b> Vollstrom (100% JAM)  <math>Q_{Bem} = 454 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>Ozonerzeuger:</b> 2 x 0,6 kg O<sub>3</sub>/h</p> <p><b>Reaktionsbehälter:</b> 2 Straßen <math>V_{ges} = 200 \text{ m}^3</math>  <math>t_{ges} = 25 \text{ Minuten}</math></p> <p><b>Ozoneintragssystem:</b> Diffusoren</p> <p><b>biol. Nachbehandlung:</b> 16 GAK-Filtermodule                      2 Filterzellen <math>A_{F,ges} = 80\text{m}^2</math>  <math>Q_{zul.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}</math></p>	<p><b>Behandlung:</b> Teilstrom (93% JAM)  <math>Q_{Bem} = 144 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>PAK Dosieranlage:</b> volumetrisch &amp; gravimetrisch</p> <p><b>PAK Silo:</b> <math>V_{Nutz} = 3 \times 1,5 \text{ m}^3</math></p> <p><b>Kontaktbecken:</b> 2 Straßen <math>V_{ges} = 160 \text{ m}^3</math>                      (3 Kaskaden)  <math>t_{ges} = 30 \text{ Minuten}</math>                      (2. Straße als Reserve)</p> <p><b>Tuchfiltration:</b> 2 Straßen <math>A_{F,ges} = 60\text{m}^2</math>  <math>Q_{zul.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}</math></p>
<b>Vorteile:</b>	<p>gute MS-Eliminationsleistungen (ausser RKM)</p> <p>geringer Betreuungsaufwand bei externer Wartung</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>keine zusätzlichen Schlammentsorgungskosten</p>	<p>wie Variante 1a, zusätzlich:</p> <p>Vollstrombehandlung =&gt; durchgängige MS-Elimination</p> <p>Betrieb mit niedriger O<sub>3</sub>-Konzentration (ca. 2,0 mg/L)</p> <p>geringerer O<sub>2</sub>-Bedarf gegenüber V1a</p> <p>geringerer Energiebedarf gegenüber V1a</p> <p>sehr geringer jährlicher GAK-Bedarf im Vergleich zu V3</p>	<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>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 durch =O<sub>3</sub>-Produktion</p> <p>hohe Wartungskosten durch hohen Technikanteil und Wechseln der Filtrationstücher</p>	<p>externe Wartung erforderlich und Betrieb von 2 Anlagen zur MS-Elimination =&gt; hohe Wartungskosten</p> <p>hohe Arbeitsschutzanforderungen, da Ozon toxisch ist</p> <p>hoher baulicher Aufwand =&gt; hohe Investitionskosten</p> <p>Bezug von O<sub>2</sub> und GAK notwendig</p>	<p>hoher Betreuungsaufwand und Energiebedarf aufgrund PAK-Dosierung</p> <p>erhöhte Abrasion durch PAK im Bereich der Schlamm-entwässerung</p> <p>zusätzliche Entsorgungskosten aufgrund einer erf. thermischen Klärschlammverwertung</p> <p>hohe Wartungskosten durch hohen Technikanteil und Wechseln der Filtrationstücher</p>
<b>Kostenkennwerte (brutto)</b>	<p><b>Investitionskosten:</b> 2.359.311 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 101.536 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 5.787.510 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 295.270 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 3.105.661 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 105.299 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 6.534.230 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 333.370 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.932.203 EUR</p> <p><b>Betriebskosten:</b> 150.463 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 6.244.780 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 318.600 EUR/a</p>



	Variante 2b: PAK	Variante 3: GAK-Filtration	
<b>Anlagen-Kurzbeschreibung</b>	<p><b>Behandlung:</b> Vollstrom (100% JAM)  <math>Q_{Bem} = 454 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>PAK Dosieranlage:</b> volumetrisch &amp; gravimetrisch</p> <p><b>PAK Silo:</b> <math>V_{Nutz} = 5 \times 1,5 \text{ m}^3</math></p> <p><b>Tuchfiltration:</b> 2 Straßen <math>A_{F,ges} = 60 \text{ m}^2</math>  <math>Q_{zul.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}</math></p>	<p><b>Behandlung:</b> Vollstrom (100% JAM)  <math>Q_{Bem} = 454 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>Filtration:</b> 2 Filterzellen <math>A_F = 5 \text{ m}^2, A_{Fges} = 80 \text{ m}^2</math>  mit jeweils 8 Modulen <math>V_F = 14 \text{ m}^3, V_{Fges} = 224 \text{ m}^3</math>  <math>Q_{zul.} = 500 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p><b>Spülwasserspeicher:</b> <math>V = 50 \text{ m}^3</math></p> <p><b>Spülabwasserspeicher:</b> <math>V = 12 \text{ m}^3</math></p>	
<b>Vorteile:</b>	<p>Vollstrombehandlung =&gt; durchgängige, sehr gute MS-Eliminationsleistungen  sehr guter Suspensarrückhalt durch Filtration</p> <p>Reduzierung der Parameter CSB und <math>P_{ges}</math> unterhalb des Schwellenwerts nach AbwAG</p> <p>geringer baulicher Aufwand (kein Kontaktbecken erf.)</p>	<p>Vollstrombehandlung =&gt; durchgängige, sehr gute MS-Eliminationsleistungen  sehr guter Suspensarrückhalt durch Filtration</p> <p>einfacher Betrieb mit konventioneller Technik</p> <p>geringer Personalbedarf, geringer Energiebedarf,  geringer Wartungsbedarf  =&gt; geringe Betriebskosten</p>	
<b>Nachteile:</b>	<p>wie Variante 2a, zusätzlich:</p> <p>höhere organische Hintergrundbelastung  =&gt; höherer PAK-Bedarf</p>	<p>hoher baulicher Aufwand, jedoch geringer als bei V1b</p> <p>höherer GAK-Bedarf gegenüber V1b</p>	
<b>Kostenkennwerte (brutto)</b>	<p><b>Investitionskosten:</b> 1.483.335 EUR</p> <p><b>Betriebskosten</b> 144.800 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 5.522.570 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 281.760 EUR/a</p>	<p><b>Investitionskosten:</b> 2.238.466 EUR</p> <p><b>Betriebskosten</b> 91.126 EUR/a</p> <p><b>Projektkostenbarwert:</b> 4.830.210 EUR</p> <p><b>Jahreskosten:</b> 246.430 EUR/a</p>	

## 4 Verfahrensempfehlung

Ein direkter Vergleich der Kostenkennwerte der einzelnen Lösungsvarianten zeigt bereits einen deutlichen Vorteil für die Variante 3 (GAK-Filtration). Auf dem zweiten Rang liegt die Variante 2b, wobei die Differenz zwischen V2b und V1a relativ gering ist.

Für die weitere Bewertung der Lösungen werden zunächst die Auswirkungen von Fördermitteln bei den Investitionskosten auf die Projektkostenbarwerte und Jahreskosten untersucht. Die Höhe der Förderung beträgt 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>707.793,34</b>	<b>931.698,38</b>	<b>579.660,90</b>	<b>445.000,50</b>	<b>671.539,99</b>
<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>	<i>PKB:</i>
4.135.990,00	4.360.260,00	4.892.240,00	4.484.230,00	3.263.290,00
<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>	<i>Jahreskosten:</i>
211.020,00	222.460,00	249.600,00	228.780,00	166.490,00
<b>127%</b>	<b>134%</b>	<b>150%</b>	<b>137%</b>	<b>100%</b>

Tab. 4.1: Zusammenstellung der Kostenkennwerte bei Berücksichtigung einer Förderung

Auch unter Berücksichtigung der Förderung bleibt die Variante 3 (GAK-Filtration) auf Rang 1. Auf den Rängen 2 bis 4 ergibt sich eine Rangverschiebung. Auf dem 2. Rang liegt nun die Lösungsvariante 1a (Ozonierung), wohingegen die Variante 2b (PAK-Dosierung in das Belebungsbecken) auf Rang 4 abrutscht. Rang 3 wird von der Lösungsvariante 1b (Ozonierung + BAK) belegt. Die Verschiebungen sind auf die relativ niedrigen und hohen Investitionskosten der Lösungsvarianten 2b bzw. 1b zurückzuführen.

Bei Betrachtung der Kostenkennwerte wird deutlich, dass sich bei einer rein monetären Bewertung der verschiedenen Verfahren die Tendenz hin zu einer Lösung mit einer GAK-Filtration verdichten. Im Rahmen einer umfassenden Verfahrensbewertung werden neben den monetären Aspekten auch nicht monetäre Bewertungskriterien berücksichtigt. Insgesamt finden folgende Kriterien Berücksichtigung:

- Betriebssicherheit,
- Erprobungsgrad der Technik (wie viele großtechnisch realisierte Anlagen mit dieser Technologie gibt es) / Referenzanlagen,
- Reinigungsleistung der unterschiedlichen Verfahren,
- 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	0,10	3	0,3	5	0,5	4	0,4	4	0,4	5	0,5
Erprobungsgrad	0,10	5	0,5	4	0,4	5	0,5	3	0,3	5	0,5
Reinigungsleistung	0,15	5	0,8	4	0,6	4	0,6	5	0,8	5	0,8
Betriebs- und Wartungsaufwand	0,25	3	0,8	3,5	0,9	3	0,8	4,5	1,1	5	1,3
Erstinvestitionen	0,10	2	0,2	1	0,1	4	0,4	5	0,5	3	0,3
Jahreskosten	0,30	4	1,2	3	0,9	1	0,3	2	0,6	5	1,5
<b>Summe:</b>	<b>1,00</b>	<b>22,00</b>	<b>3,70</b>	<b>20,50</b>	<b>3,38</b>	<b>21,00</b>	<b>2,95</b>	<b>23,50</b>	<b>3,68</b>	<b>28,00</b>	<b>4,80</b>

Tab. 4.2: Wichtung und Wertung nach Punkten (1 = ungenügend, 5 = sehr gut)

## 5 Zusammenfassung

Trotz einer in den letzten Jahren zu verzeichnenden Verbesserung der Gewässerqualität in NRW, konnte ein ökologisch guter Zustand, entsprechend den Zielen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) und des deutschen Wasserrechts, in 90 % der Gewässer nicht erreicht werden. In diesem Zusammenhang führt der Eintrag von Mikroschadstoffen zu nachweisbaren Belastungen der Gewässer in NRW.

Die Zentralkläranlage Borgholzhausen leitet konventionell gereinigtes kommunales Abwasser in die Hessel ein. Die Hessel gehört zum Einzugsgebiet der Ems. Die Saprobie des Gewässers wurde im Rahmen des 3. EG-WRRL-Monitoringzyklus von "gut auf "mäßig" herabgestuft. Für die Fischfauna besteht Handlungsbedarf. Der ökologische Zustand bzw. das ökologische Potential ist mit unbefriedigend dargestellt. Eine Besonderheit des Einzugsgebietes der Ems in OWL ist die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat.

Zur Feststellung der Gewässerbelastung mit Mikroschadstoffen durch die Einleitung aus der Zentralkläranlage Borgholzhausen wurden, im Rahmen der Studie, Messungen im Gewässer ober- und unterhalb der Kläranlageneinleitung durchgeführt.

Es zeigte sich, dass oberhalb der Einleitung nahezu keine Belastung mit Mikroschadstoffen gemessen werden konnte. Unterhalb der Einleitungsstelle sind Arznei- und Röntgenkontrastmittel sowie der Korrosionsinhibitor Benzotriazol deutlich nachweisbar. Insbesondere für die Konzentrationen der Arzneimittel Clarithromycin ( $0,13 \mu\text{g/L}$ ), und Diclofenac ( $0,44 \mu\text{g/L}$ ) liegen wesentliche Überschreitungen der Qualitätsziele gemäß der durch das Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW herausgegebenen "Stoffliste NRW" vor. Für die Konzentrationen der anderen gelisteten Indikatorsubstanzen gilt, dass diese zwar im Gewässer nachweisbar sind, aber keine Überschreitungen der Qualitätsziele vorliegen.

Die durchgeführten Analysen bestätigen insgesamt einen Eintrag vom Mikroschadstoffen in das Gewässer durch die Einleitung von konventionell gereinigtem Abwasser aus der Zentralkläranlage Borgholzhausen.

Untersuchungen im Ablauf der Nachklärung zeigen, dass die analysierten Arzneimittelkonzentrationen im Ablauf der ZKA Borgholzhausen, mit denen anderer Kläranlagen in OWL vergleichbar sind. Relativ hohe Konzentrationen wurden für die Substanzen Clarithromycin und Diclofenac mit 0,55 bzw. 3,00 µg/L gemessen.

Hinsichtlich der Röntgenkontrastmittel zeigt sich, dass diese im Einzugsgebiet der Kläranlage Borgholzhausen keine wesentliche Rolle spielen. Dennoch überschreiten die im Gewässer gemessenen Konzentrationen der Röntgenkontrastmittel den präventiven Vorsorgewert von 0,1 µg/L.

Das Einzugsgebiet der ZKA Borgholzhausen wird überwiegend im Trennsystem entwässert. Bezogen auf die Gesamteinzugsgebietsfläche beträgt die Verteilung rd. 60% auf Trenn- und 40% auf Mischsystem. Gegenwärtig wird das Abwasser von rund. 7.000 Einwohner (E) in der Anlage gereinigt. Desweiteren wird in der Anlage gewerbliches und industrielles Abwasser von diversen Betrieben behandelt. Die Bandbreite der Betriebe erstreckt sich über die Bereiche Schlachtung und Fleischverarbeitung, Gastronomie, Metallindustrie, Kunststoffindustrie, Kraftverkehr Logistik und diverse Kleinbetriebe. Insgesamt werden für Gewerbe und Industriebetriebe im Einzugsgebiete der ZKA Borgholzhausen rund 5.800 Einwohnergleichwerte (EGW) angesetzt. Eine Auswertung der Zulauffrachten auf der Grundlage der Eigenüberwachungsdaten der Kläranlage ergibt eine Zulaufbelastung in Höhe von rd. 13.000 EW. Die Ausbaugröße der Kläranlage beträgt 21.800 Einwohnerwerte (EW). Somit wird festgestellt, dass die gegenwärtige Belastung mit 13.000 EW deutlich unterhalb der Auslegungsgröße liegt. Durch den Ausbau des interkommunalen Gewerbegebiets "IBV Borgholzhausen-Versmold" ist eine kurzfristige Ansiedlung weiterer abwasserintensiver Betriebe durchaus realistisch. Bei der Planung der Anlagen zur Mikroschadstoffelimination sind daher ausreichende Reserven zu berücksichtigen.

In Abstimmung mit der Stadt Borgholzhausen wurden im Rahmen der Studie folgende Verfahrensvarianten einer 4. Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroschadstoffen untersucht:

- **Variante 1a:** Ozonierung (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 1b:** Ozonierung & GAK-Filter (BAK-Verfahren) im Vollstrom

- **Variante 2a:** PAK-Adsorption in einem Kontaktbecken (Teilstrom), Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 2b:** PAK-Adsorption in der Belebung, Tuchfiltration im Vollstrom
- **Variante 3:** GAK-Filtration im Vollstrom

Für die ausgewählten Lösungsvarianten wurden die technischen Umsetzungsmöglichkeiten auf der ZKA Borgholzhausen beschrieben. Die bauliche und hydraulische Einbindung der Anlagen der Verfahrensstufen der 4. Reinigungsstufe in die vorhandene Anlagentechnik wurde geprüft und zeichnerisch in Form von Lageplanausschnitten dargestellt.

Es zeigte sich, dass alle Lösungsvarianten gut auf dem Kläranlagengelände und in den vorhandenen Abwasserreinigungsprozess integrierbar sind. Für alle Lösungsvarianten ist eine Anhebung des zu behandelnden Abwasservolumenstroms erforderlich ist. Aufgrund erhöhter Anforderungen im Bereich der Phosphatelimination ist für alle Lösungsvarianten eine Filtration im Vollstrom erforderlich.

Für alle Verfahrensvarianten wurden die Investitions- und Betriebskosten mit den für eine Kostenschätzung üblichen Genauigkeitsanforderungen ermittelt. Bei den angesetzten Preisen handelt es sich um Preise aus aktuellen Budgetangeboten, aus Preisanfragen bei Herstellern/Lieferanten, aus Mittelpreisen der Leistungsverzeichnisse aktueller Projekte oder Werte aus der aktuellen Fachliteratur. Die Preisansätze beinhalten insgesamt eine Genauigkeit von +-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.) sowie einer Verfahrensbewertung unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien: Betriebssicherheit, Erprobungsgrad der Technik, Reinigungsleistung, Betriebs- und Wartungsaufwand, Erstinvestitionskosten und Jahreskosten, ergibt sich die folgende Rangfolge der Lösungsvarianten:

- Rang 1: Variante 3 (GAK-Filtration)
- Rang 2: Variante 2b (PAK-Adsorption in der Belebung)
- Rang 3: Variante 1a (Ozonierung)
- Rang 4: Variante 1b (Ozonierung & GAK-Filtration)
- Rang 5: Variante 2a (PAK-Adsorption mit Kontaktbecken)

Als Ergebnis der durchgeführten Bewertungen geht die Lösungsvariante 3 (GAK-Filtration im Vollstrom) deutlich als Vorzugsvariante hervor.

### **Kostenkennzahlen Lösungsvariante 3**

(alle Angaben in EUR inkl. 19% Mehrwertsteuer)

Herstellungskosten:	<b>2.238.466,00</b>
jährliche Betriebskosten:	<b><u>91.126,00</u></b>

### **Kosten und Kostenkennwerte**

(unter Berücksichtigung einer Förderung in Höhe von 70%):

Herstellungskosten	<b><u>671.539,99</u></b>
Projektkostenbarwert:	3.263.290,00
Jahreskosten:	166.490,00

Abschließend ist nochmals zu betonen, dass durch die Einleitung von konventionell gereinigtem Abwasser aus der Zentralkläranlage Borgholzhausen die Bewertungskriterien für einige Spurenstoffe überschritten werden.

Derzeit bestehen jedoch für die Mehrheit der Spurenstoffe weder auf europäischer Ebene noch in Deutschland gesetzliche Anforderungen bzw. Grenzwerte hinsichtlich der zu erzielenden Ablaufqualität von Kläranlagen oder für eine tolerierbare Gewässerbelastung. Aus den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie an



den Zustand europäischer Oberflächengewässer sowie der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) können zukünftig jedoch Forderungen nach einer gezielten Mikroschadstoffelimination abgeleitet werden.

Aufgrund des für NRW flächendeckend vorliegenden Stoffflussmodells "Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser" besteht, aus der Sicht der zuständigen Behörde, für das Gewässer Hessel bereits heute ein grundsätzlicher Handlungsbedarf, da demnach für fast alle betrachteten Mikroschadstoffe Konzentrationen oberhalb der Orientierungswerte vorliegen. Die Gültigkeit des Stoffflussmodells wurde durch diese Studie bestätigt. Ferner ist Handlungsbedarf wegen der insgesamt hohen Abwasserlast gegeben. Das Verhältnis der Einleitungsmenge aus der ZKA Borgholzhausen zum mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) der Hessel beträgt rd. 60 %.

Gegenwärtig wird die Planung und Errichtung von Anlagen zur Elimination von Mikroschadstoffen durch das Land NRW gefördert. Die Höhe der Kostenübernahme beträgt derzeit 70% der Herstellungskosten.

Aus der vorliegenden Machbarkeitsstudie geht die Lösungsvariante 3 (GAK-Filtration als Vorzugsvariante hervor. Der Verfasser empfiehlt der Stadt Borgholzhausen die Planung und Errichtung einer GAK-Filtration nach der Vorzugsvariante. Zur Sicherung der Fördermittel sollte kurzfristig ein Antrag nach dem Förderprogramm "Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW II" (ResA II) gestellt werden.

Aufgestellt: Blomberg, Dezember 2017

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

## 6 Literaturverzeichnis

KOMPETENZZENTRUM MIKROSCHADSTOFFE NRW (2015): Druckschrift "Mikroschadstoffentfernung machbar? Wesentliche Inhalte einer Machbarkeitsstudie für Anlagen zur Mikroschadstoffelimination mit aktualisierter Stoffliste vom 01.09.2016", ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, Stand 20.10.2015

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 Verbundsystem für die Wasserwirtschaft in NRW, [www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de)

GÖTZ, C.; KASE, R.; ORT, C.; SINGER, H.; BERGMANN, S. (2012): Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser, Stoffflussmodellierung, Situationsanalyse und Reduktionspotenziale

KLEIN, D. (2017): Erläuterungsbericht zum Antrag auf Einleitung von gereinigtem Abwasser aus der KA Borgholzhausen in die Hessel, unveröffentlicht.

SOLTERMANN, F.; ABEGGLEN, C.; GÖTZ, C.; ZIMMERMANN-STEFFENS, S.; VON GUNTEN, U.(2016): Bromid im Abwasser. In: AQUA & GAS No. 10 2016, S. 64 -71