



## Stadt Versmold

### Variantenbetrachtung, Machbarkeitsstudie

# Ertüchtigung der Kläranlage Versmold zur Elimination von Spurenstoffen

## Kurzbericht

Mai 2018

gefördert durch:

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



Ingenieurgesellschaft Dr. Knollmann mbH

Groß-Buchholzer Kirchweg 30  
30655 Hannover  
+0049 511 54750-0  
info@knollmann.de  
www.knollmann.de

## 1 Einleitung und Hintergrund

Die Anzahl der entwickelten organisch, chemischen Verbindungen beträgt mehr als 50 Millionen, davon werden rund 5.000 Substanzen als potentiell umweltrelevant eingestuft [MKULNV, 2013]. Nach Erhebungen in der Schweiz sind dort über 30.000 synthetische organische Stoffe in Gebrauch, die von Menschen in Produkten des täglichen Verbrauchs verwendet werden, darunter Arzneimittel, Stoffe für den Pflanzen- und Materialschutz, Körperpflege- und Reinigungsmittel [Abegglen C. et al., 2012]. Viele gelangen über das kommunale Abwassersystem und hier insbesondere durch die Kläranlagen oder diffuse Einträge in die Gewässer, wo sie in sehr geringen Konzentrationen (ng/l - µg/l) auftreten. In den Gewässern können die Einträge dieser Mikroverunreinigungen Wasserlebewesen beeinträchtigen. Beispielsweise können hormonaktive Substanzen schon bei sehr niedrigen Konzentrationen die Fortpflanzung von Wasserlebewesen beeinflussen [Suter et al, 2004]. Hohe Abwasseranteile in Fließgewässern können auch zu Belastungen von Trinkwasserleitern führen. Vor allem bei Fließgewässern auf Lockergestein-Grundwasserleitern können schwer abbaubare Verbindungen aus dem kommunalen Abwasser über die Uferfiltration in das Grundwasser gelangen [Hanke et al., 2007]. Dies kann für die Trinkwasseraufbereitung eine zunehmende Herausforderung darstellen. Nach Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen sind insbesondere Gewässer in dicht besiedelten Gebieten, wie die Ruhr, bereits stark mit organischen Spurenstoffen belastet [Pinnekamp et al., 2008].

Seit mehreren Jahren wird durch Forschungsarbeiten, Pilotanlagen und erste Kläranlagenausrüstungen die Verfahrenstechnik zur Entnahme von Spurenstoffen in kommunalen Kläranlagen untersucht. Im Wesentlichen kommen Adsorptionsverfahren unter Einsatz von pulverförmiger oder granulierter Aktivkohle und oxidative Verfahren auf Basis von Ozon zur Anwendung.

Vom Land Nordrhein-Westfalen werden Projekte für innovative Technologien auf öffentlichen Kläranlagen zur Elimination von gefährlichen Stoffen gefördert (Investitionsprogramm Abwasser NRW). Die Stadt Versmold hat einen entsprechenden Förderantrag gestellt, um die Nachrüstung der bestehenden Kläranlage Versmold zur Spurenstoffelimination zu untersuchen. Die Bezirksregierung Detmold hat die Förderung des Projekts „Variantenbetrachtung, Machbarkeitsstudie zur Ertüchtigung der Kläranlage Versmold zur Elimination von Spurenstoffen“ bewilligt.

Mit der Ausarbeitung über die möglichen Maßnahmen zur Aus- und Umrüstung der Kläranlage Versmold zur Spurenstoffelimination wurde die Ingenieurgesellschaft Dr. Knollmann mbH, Hannover, beauftragt.

Im Zuge der Varianten- und Machbarkeitsbetrachtung wurden folgende Verfahren der Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Versmold untersucht:

- Einsatz von Pulveraktivkohle und Dosierung in die Biologie der Kläranlage oder eine adsorptive Reinigungsstufe in Verbindung mit einer Filterstufe,
- Einsatz von granulierter Aktivkohle in einer Dyna-Sand Carbon Filtration und einem Festbett Adsorber in Verbindung mit einem Sandfilter,
- Ozonung in Verbindung mit einer Tuchfiltration oder einer Dyna-Sand Filtration.

Teil der Untersuchung waren Abwasseruntersuchungen zu Spurenstoffen, Bemessung von Verfahrensstufen sowie die Schätzung der Betriebs- und Investitionskosten einer entsprechenden Behandlungsstufe. Die Ergebnisse der Variantenuntersuchung werden nachfolgend vorgestellt.

## 2 Kläranlage Versmold, Gewässer

Die Kläranlage Versmold wurde Mitte der sechziger Jahre errichtet, Aufgrund steigender Schmutzfrachten und erhöhter Reinigungsanforderungen hinsichtlich der Stickstoffelimination hatte die Kläranlage Anfang der neunziger Jahre die Kapazitätsgrenze erreicht und musste umgebaut und erweitert werden. Der Ausbau erfolgte bis 1998 auf eine Ausbaugröße von zunächst 72.000 Einwohnerwerte (EW). Derzeit sind rd. 56.000 EW angeschlossen.



Bild 1: Nachklärung (links) , Einleitungsstelle Kläranlage (rechts)

Folgende Verfahrensstufen sind auf der Kläranlage vorhanden:

- Zulaufpumpwerk, vier Kreiselpumpen je 90 l/s, MID Zulaufmessung,
- Rechenanlage, zwei Feinrechen als Gegenstromrechen, Rechengutpresse,
- Sandfang, zweikammeriger Sandfang,
- Vorklärung, flotative Vorklärung, zweistraßiger Ausbau (je 550 m<sup>3</sup>), Räumwagen für Boden und Oberflächenräumung, Druckentspannungsflotation,
- Belebungsbecken, zweistraßiger Ausbau, Rundbecken (je 3.200 m<sup>3</sup>), intermittierende Belüftung, Gebläsestation
- Simultane P-Fällung, Dosierung in Rücklaufschlammsystem
- Nachklärung, zweistraßiger Ausbau, Rundbecken (je 1.600 m<sup>3</sup>), Räumbrücke, Bodenräumschild, Schneckenpumpwerk zur Rücklaufschlammförderung, Kreiselpumpen ÜS-Förderung,



Kurzbericht

- Schönungsteich (6.000 m<sup>3</sup>), MID Ablauf Schönungsteich
- Faulungsanlage, zwei Faulbehälter (je 1.300 m<sup>3</sup>), Faulschlamm-Mischer, Gasbehälter (2.000 m<sup>3</sup>),
- Sonstiges Schlammbehandlung: zwei Nacheindicker, Schlamm entwässerung (Zentrifuge), Schlammbecken (2 Becken, ges. ca. 4.500 m<sup>3</sup>), Zentralspeicher (ca. 500 m<sup>3</sup>), Schlamm lagerplatz (1.500 m<sup>2</sup>), Fäkalannahmestation
- Heizungsanlage (Heizkesselanlage, 400 kW), BHKW (zwei Module, 103 KW<sub>el</sub>), Notstromaggregat

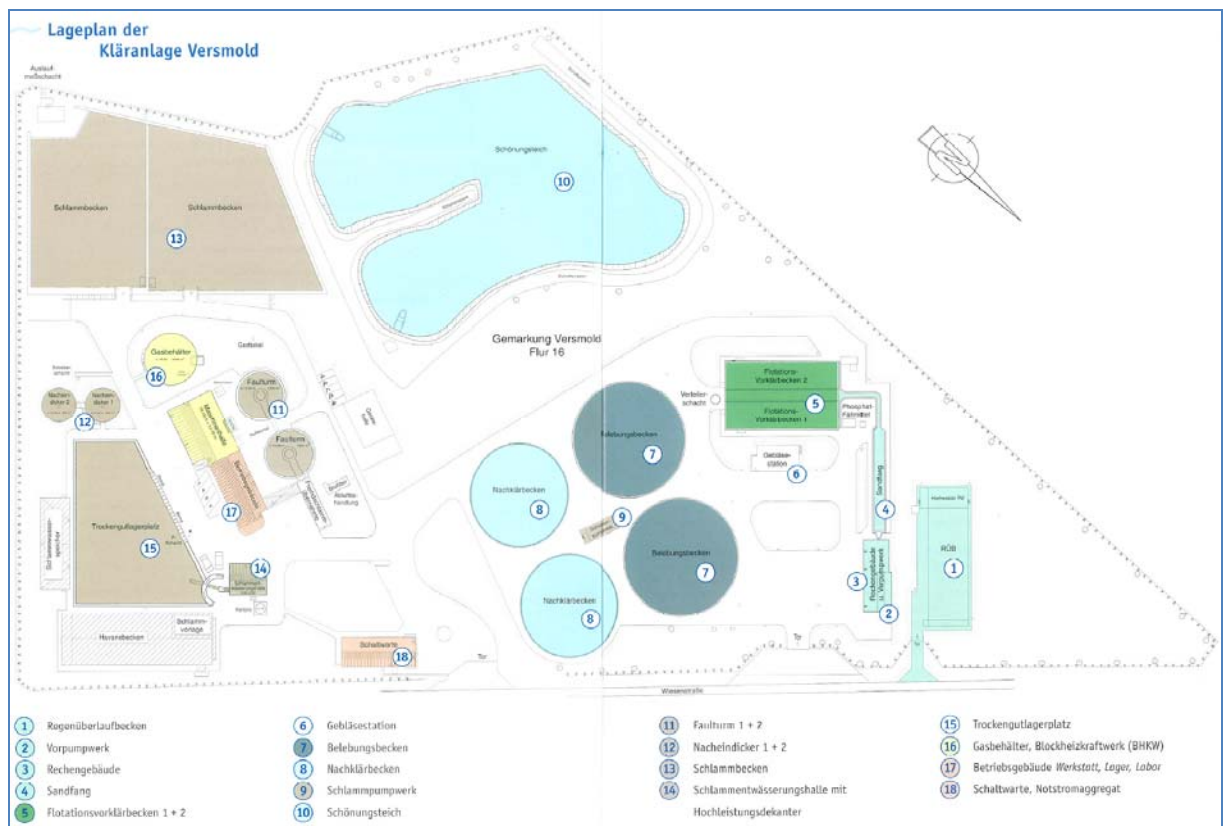


Bild 2: Lageplan Kläranlage Versmold [Stadt Versmold]



Bild 3: Möglicher Standort – 4. Reinigungsstufe zwischen Belebungs- und Schönungsteich



### **Gewässer - Aabach**

Die Einleitung des gereinigten Abwassers erfolgt in den Aabach, ein Nebenfluss der Hessel, der zum Gewässersystem der Ems gehört. Der Aabach mündet rd. 1,5 Flusskilometer unterhalb der Einleitungsstelle der Kläranlage in die Hessel.

Pegelmessungen der Bezirksregierung Detmold am Aabach ergeben ein Mittelwasserabfluss MQ von 0,521 m<sup>3</sup>/s und einen mittleren Niedrigwasserabfluss MNQ von 0,158 m<sup>3</sup>/s. Der Abwasseranteil am MNQ beträgt 51,6 % und am MQ 15,6 % (Daten Bezirksregierung Detmold, Jahresabwassermenge 2012). Bezogen auf den mittleren Trockenwetterabfluss der Kläranlage von 6.136 m<sup>3</sup>/d bzw. 0,071 m<sup>3</sup>/s für den Zeitraum 2014 - 2016 ergibt sich ein Abwasseranteil von 44,9 % am MNQ.

Der ökologische Zustand des Aabaches im 3. Monitoringzyklus wird als „schlecht“ bewertet. Vom 2. zum 3. Monitoringzyklus hat sich die MZB Saprobie (Makrozoobenthos) von „gut“ zu „mäßig“ entwickelt und Phytobenthos von „unbefriedigend“ zu „schlecht“. Makrophyten werden als „unbefriedigend“ eingeordnet. Das ökologische Potential hat sich von „unbefriedigend“ zu „schlecht“ entwickelt. Der chemische Zustand ist als „nicht gut“ bewertet. Es wurde unter den allgemeinen chemischen und physikalischen Parametern (ACP) für Ammonium-Stickstoff und Gesamtphosphat-Phosphor Stoffkonzentrationen festgestellt die Grenz- und Orientierungswerte überschritten.

Der Aabach mündet über die Hessel in die Ems. Die Ems wird zur Trinkwassergewinnung über Uferfiltration genutzt.

## **3 Screening zu Spurenstoffen - Analyseergebnisse**

Zur Abschätzung der Belastung der Kläranlagenabläufe mit Spurenstoffen, wurde zu Beginn der Untersuchungen ein Screening verschiedener Spurenstoffe im Ablauf der Kläranlage (Ablauf Schönungsteich) vorgenommen. Untersucht wurden 23 Einzelsubstanzen, im wesentlichen Arzneimittelwirkstoffe. Unter anderem wurde analysiert: Antibiotika, Antiepileptika, Betablocker, Kontrastmittel, Lipidsenker, Schmerzmittel u.a.



Kurzbericht

Tabelle 1: Spurenstoffkonzentrationen im Ablauf der KA Versmold (30.09 – 02.10.2015) und im Gewässer (01.10.2015)

Spurenstoffe:			Spurenstoff-Messwerte						D4-Liste OW / PV	OGewV UQN
Gruppe	Wirkstoffe		Ablauf KA	Oberlauf Ein.stelle	Diff. OL/ Ablauf KA	Unterlauf Ein.stelle	Diff. Ober- /Unterlauf	Diff. UL/ Ablauf KA	LAWA/PNEC, UFO Plan, EU Drift u.a.	Jahresmittel J-MW/Max.
<b>Antiepileptikum</b>	Carbamazepin	µ g/l	0,48	<b>0,20</b>	42%	0,29	145%	60%	0,5 J-MW	
<b>Antibiotika</b>	Clarithromycin	µ g/l	0,32	< 0,05	k.A.	0,077	k.A.	24%	0,02 J-MW	
	Sulfamethoxazol	µ g/l	0,17	< 0,05	k.A.	0,07	k.A.	41%	0,15 J-MW	
<b>Schmerzmittel</b>	Diclofenac	µ g/l	<b>1,70</b>	0,11	6%	0,61	555%	36%	0,1 J-MW	
	Naproxen	µ g/l	0,26	< 0,05	k.A.	0,085	k.A.	33%	0,1 J-MW	
	Phenazon	µ g/l	< 0,2	< 0,2	k.A.	< 0,2	k.A.	k.A.	1,1 J-MW	
<b>Betablocker</b>	Metoprolol	µ g/l	2,70	< 0,20	k.A.	0,64	k.A.	24%	7,3 J-MW	
	Sotalol	µ g/l	0,18	< 0,05	k.A.	0,084	k.A.	47%	0,1 J-MW	
	Atenolol	µ g/l	0,28	< 0,05	k.A.	0,081	k.A.	29%	0,1 J-MW	
	Bisoprolol	µ g/l	0,37	< 0,05	k.A.	0,13	k.A.	35%	0,1 J-MW	
<b>Röntgenkontrast</b>	Amidotrizoesäure	µ g/l	0,30	< 0,1	k.A.	< 0,1	k.A.	k.A.	0,1 J-MW	
	Iopamidol	µ g/l	<b>1,60</b>	<b>0,075</b>	5%	0,50	667%	60%	0,1 J-MW	
	Iopromid	µ g/l	<b>1,20</b>	< 0,05	k.A.	0,36	k.A.	30%	0,1 J-MW	
<b>Psychopharmaka</b>	Oxacepam	µ g/l	< 0,05	< 0,05	k.A.	< 0,05	k.A.	k.A.	0,1 J-MW	
<b>Lipidsenker</b>	Bezafibrat	µ g/l	0,13	< 0,05	k.A.	< 0,05	k.A.	k.A.	0,1 J-MW	
<b>Komplexbildner</b> (Geschirrspülmittel)	Benzotriazol	µ g/l	6,30	0,40	6%	2,20	550%	60%	10 J-MW	
<b>Hormon</b>	17-alpha Ethinylestradiol	µ g/l	< 0,001	< 0,001	k.A.	< 0,001	k.A.	k.A.	0,000035 (Ethinylestradiol)	
	17-beta-Estradiol	µ g/l	< 0,001	< 0,001	k.A.	0,003	k.A.	k.A.	0,0004 (für Estron)	
	Estron	µ g/l	-	< 0,005	k.A.	< 0,005	k.A.	k.A.		
<b>Herbizid</b>	Terbutryn	µ g/l	< 0,05	-	k.A.	-	k.A.	k.A.	0,065 J-MW	0,065 J-MW 0,34 Max.
	Isoproturon	µ g/l	< 0,05	-	k.A.	-	k.A.	k.A.	0,3 J-MW	0,3 J-MW 1,0 Max.
	Diuron	µ g/l	< 0,05	< 0,05	k.A.	< 0,05	k.A.	k.A.	0,2 J-MW	0,2 J-MW 1,8 Max.
	Bromid	µ g/l	< 0,05	-	k.A.	-	k.A.	k.A.	k.A.	

J-AM = Jahresmittelwert

Das Antiepileptikum Carbamazepin konnte im Ablauf der KA Versmold festgestellt werden sowie in einer um rd. 58% geringeren Konzentration im Oberlauf der Einleitungsstelle der Kläranlage. Weitere Spurenstoffbelastungen konnten im Oberlauf nur für das Schmerzmittel Diclofenac, den Komplexbildner Benzotriazol und das Röntgenkontrastmittel Iopamidol in Höhe von 5% - 6% der Ablaufkonzentration der KA Versmold festgestellt werden. Die Schmerzmittel Diclofenac und Naproxen sowie die Antibiotika Clarithromycin und Sulfamethoxazol fanden sich alle im Ablauf der KA Versmold und lagen über den empfohlenen Grenzwerten nach P4 Liste der OGewV. Ebenso sind Überschreitungen bei den Betablockern Atenolol, Bisoprolol und Sotalol sowie bei allen drei untersuchten Röntgenkontrastmitteln und dem Lipidsenker Bezafibrat festzustellen. Besonders hohe Ablaufkonzentrationen im Verhältnis zum Grenzwert ergeben sich für Diclofenac, Iopamidol und Iopromid (dunkel rote Markierung). Auch im Unterlauf der Einleitungsstelle konnten im Gewässer für die Substanzen Clarithromycin, Bisoprolol, Iopamidol, Iopromid Überschreitungen der Grenzwerte festgestellt werden.

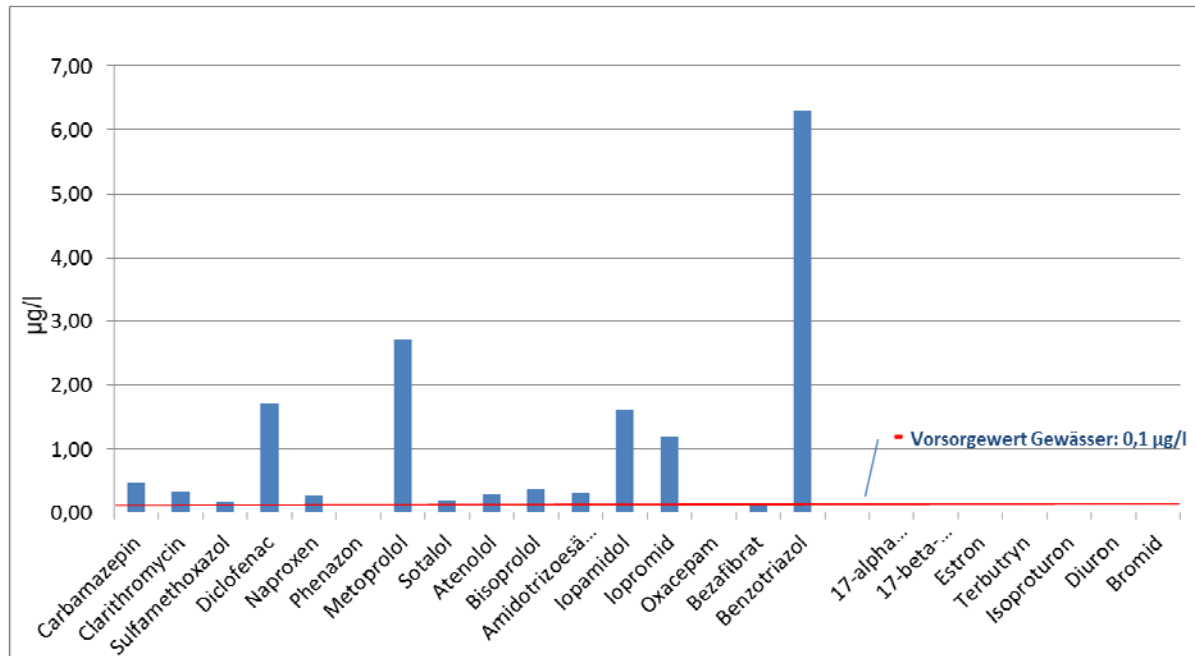


Bild 4: Screening der nachweisbaren Mikroschadstoffe im Ablauf des Schönungsteiches

## 4 Variantenuntersuchung zur Ertüchtigung der Kläranlage Versmold zur Spurenstoffelimination

Für die nachfolgende Variantenbetrachtung werden die wesentlichen Verfahrenstechniken zur Mikroschadstoffentfernung hinsichtlich der Einsatzmöglichkeit auf der Kläranlage Versmold untersucht. Neben den Hauptverfahren auf Basis von PAK, GAK und Ozon, unterscheiden sich die Verfahren im Hinblick auf die nachgeschaltete Verfahrensstufe. Folgende Verfahren wurden betrachtet:

### 1. Adsorptive Verfahren - Pulveraktivkohle (PAK)

- PAK in Belebung mit nachgeschalteter Filterstufe (Dyna-Sand / Tuchfilter)
- PAK in adsorptiver Reinigungsstufe + Filterstufe (Dyna-Sand / Tuchfilter)

### 2. Adsorptive Verfahren - Granulierte Aktivkohle (GAK)

- GAK in Dyna-Sand-Karbon Filter + Filterstufe (Dyna-Sand)
- GAK in Festbett-Adsorberstufe + Filterstufe (Dyna-Sand)

### 3. Oxidative Verfahren

- Ozonung + Schönungsteich + Filterstufe (Tuchfilter)
- Ozonung + Filterstufe (Dyna-Sand)



Bild 5: Potentielle Erweiterungsfläche – Kläranlage Versmold (Luftbild - Quelle: Google-Earth)

Die Verfahren werden im Hinblick auf: Eliminationsleistung, Wirtschaftlichkeit, Raumbedarf, vorhandene Anlagentechnik, Klärschlammentsorgung sowie betriebliche Aspekte untersucht und bewertet. Die verfügbare Erweiterungsfläche liegt westlich der Kläranlage, zwischen der biologischen Stufe und dem Schönungsteich. Die Größe der Fläche beträgt ca. 2.000 m<sup>3</sup> bis 2.500 m<sup>2</sup>.

Die Auslegungsgrößen der Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination werden in Tabelle 2 zusammengestellt.



Tabelle 2: Auslegung – Spurenstoffelimination

KA Versmold	Bemessung Spurenstoffelimination			Bemerkung
Trockenwetterzufluss (mittel), $Q_{T,mittel}$	6.533 m <sup>3</sup> /d	272 m <sup>3</sup> /h	76 l/s	JSM 2014-2016 + 10% $Q_{S,a}$
Trockenwetterzufluss (max.) $Q_{T,max.}$		<b>363 m<sup>3</sup>/h</b>	<b>101 l/s</b>	Steigerung $Q_{T,max.}$ in Summe: 10%
Trockenwetterzufluss (min.) $Q_{T,min.}$		124 m <sup>3</sup> /h	34 l/s	
Regenwetterzufluss (max.)		<b>972 m<sup>3</sup>/h</b>	270 l/s	Leistung Zulaufpumpwerk
Fremdwasserzufluss	4.369 m <sup>3</sup> /d	182 m <sup>3</sup> /h	51 l/s	mittlerer FW-Anteil rd. 35,3%
Frischwasser/Schmutzwasser	2.164 m <sup>3</sup> /d	90 m <sup>3</sup> /h	25 l/s	Ansatz: Steigerung 10%

Nachfolgend werden die Verfahrensschemata und die Darstellung der untersuchten Varianten im Lageplan aufgeführt. Die Konzeption der Behandlungsstufe berücksichtigt die Möglichkeit zur P-Reduzierung aufgrund der vorhandenen Gewässerbelastung mit Phosphaten.

### Variante 1.1 – PAK Dosierung in Belebung, nachgeschaltete Filterstufe

Es werden folgenden Anlagenkomponenten vorgesehen:

- PAK Silo
- PAK Ansetzbehälter, Dosiereinrichtung
- Elektro-, MSR Technik
- Nachgeschaltete Filterstufe

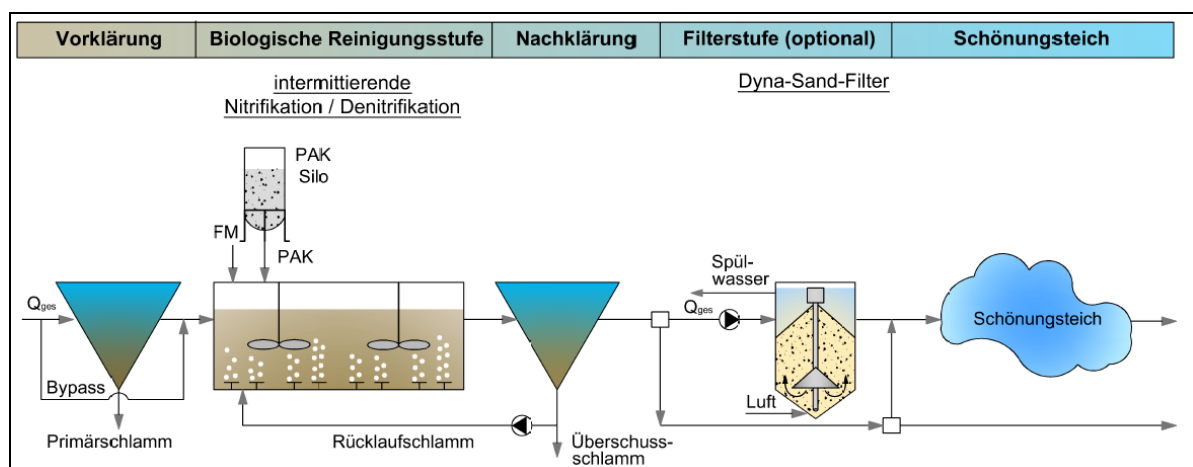


Bild 6: Verfahrensschema – Mikro Schadstoffelimination – Variante 1.1



Kurzbericht

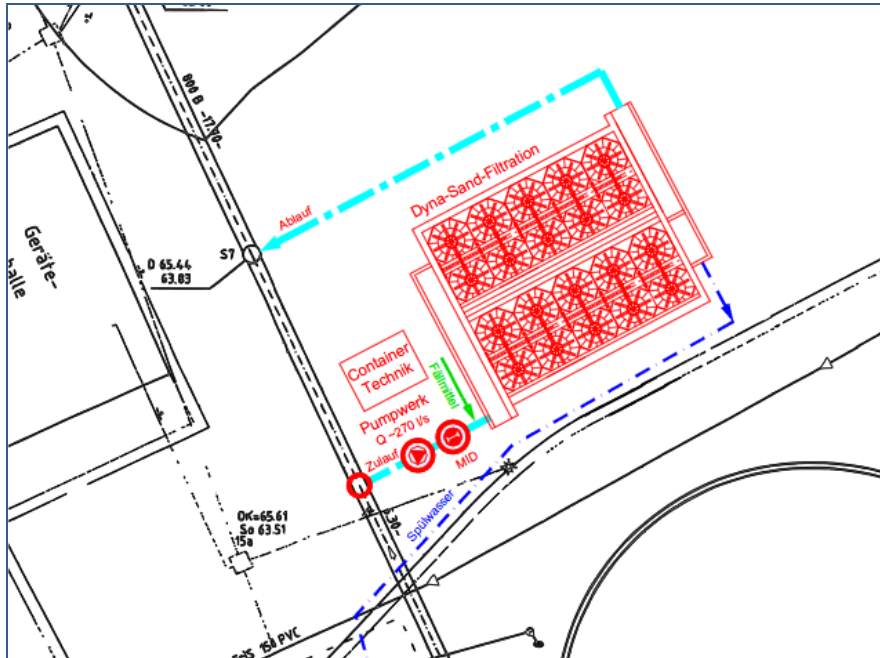


Bild 7: Lageplan KA Versmold - Variante 1.1 – PAK Dosierung in die Belebung, Dyna-Sand Filtration Ablauf Nachklärung

**Variante 1.2 – PAK Dosierung in adsorptive Reinigungsstufe**

Es werden folgenden Anlagenkomponenten vorgesehen:

- Zuführende und ableitende Rohrleitungen, Beschickungspumpwerk
- Neubau Kontaktreaktor, Neubau Sedimentationsbecken
- Rücklaufkohlepumpwerk
- PAK Silo, Ansetzbehälter, Dosiereinrichtung
- Elektro-, MSR Technik
- Nachgeschaltete Filtration (Dyna-Sand)
- Fällmittel, Flockungshilfsmittel Lager- und Dosierstation

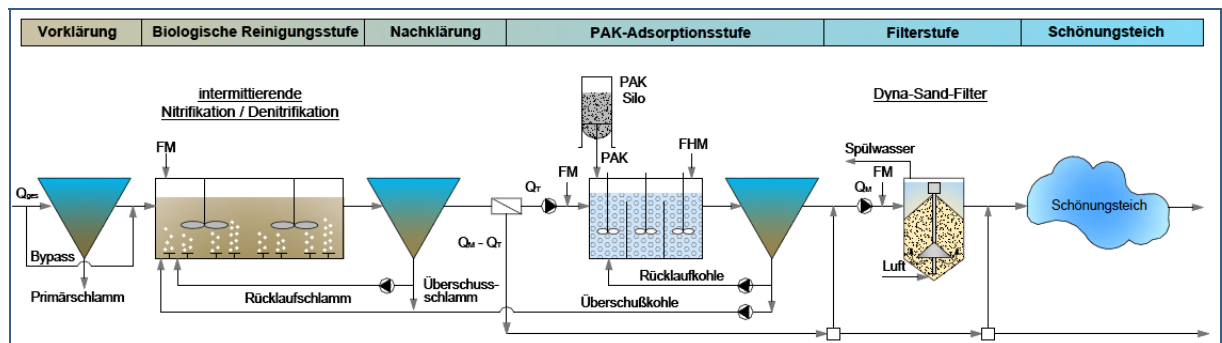


Bild 8: Verfahrensschema – Mikro Schadstoffelimination – Variante 1.2

Kurzbericht

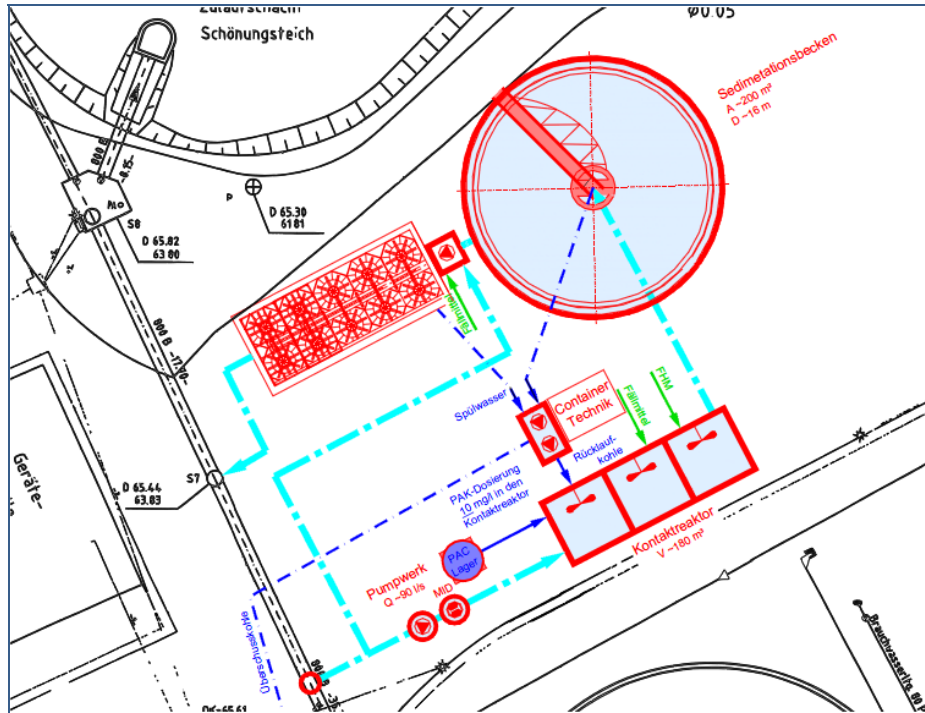


Bild 9: Lageplan KA Versmold - Variante 1.2 – PAK Dosierung adsorptive Reinigungsstufe

**Variante 2.1 – GAK Dosierung in Dyna-Sand Carbon Filter**

Es werden folgenden Anlagenkomponenten vorgesehen:

- Zuführende und ableitende Rohrleitungen, Beschickungspumpwerk
- Dyna-Sand-Carbon Filtration, maschinelle Einrichtung, Betonbau
- Dyna-Sand Filtration, maschinelle Einrichtung, Betonbau
- Kompressorstation, Einhausung
- Elektro-, MSR Technik

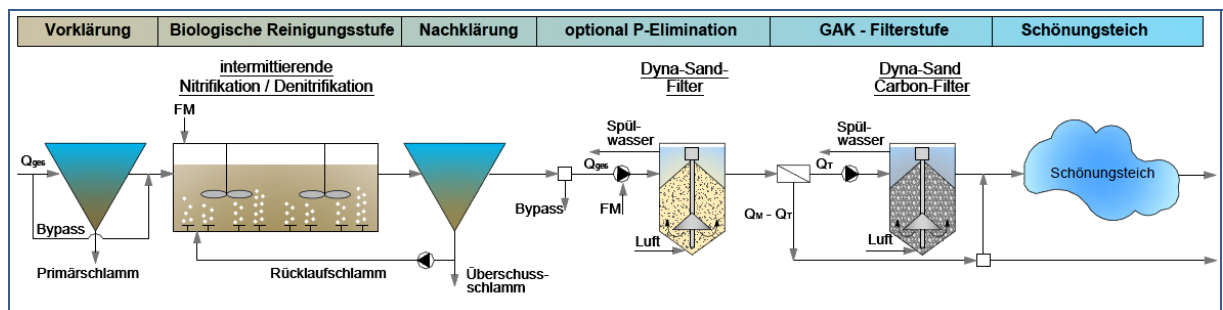


Bild 10: Verfahrensschema – Mikroschadstoffelimination – Variante 2.1

Kurzbericht

---

Die Dyna-Sand Carbonfiltration (DS-C) sowie die Dyna-Sand Filtration (DS) werden in Betonbauweise errichtet. Vorgesehen sind 10 Filterzellen (DS-C) und 10 Filterzellen (DS).

Jedes Modul einer Filterzelle besteht aus:

- Trichtereinbauten mit Verspannelementen
- Zuflussverteiler und Sandverteilerkegel
- Sandwäscher mit Waschlabyrinthen
- Tragkonstruktion für innere Rohrleitungen und Sandwäscher

Weitere Bestandteile sind eine Druckluftsteuerung (Schaltschrank, Druckluftreduzierventil, Rotameter Luftmessung). Bühnenkonstruktion zur Begehung der Filtration einschließlich Abdeckung mit Gitterrostrahmen versehen mit Lichtgitterrosten aus GFK zum Lichtschutz (Algenbildung).

Waschwasserleitung, Anlagensteuerung, bestehend aus Druckmesssonde (Filterzulauf), Steuerungsschrank. Die Füllung erfolgt mit granulierter Aktivkohle.

Die Beschickung der Filtration kann volumenproportional erfolgen. Eine Frachtabhängige Steuerung ist durch eine SAK-Messung oder TOC-Messung zu realisieren

Der Rückspülprozess findet kontinuierlich und parallel zur Filtration statt, der Filtrationsvorgang wird nicht beeinträchtigt. Die Installation erfolgt in separat zu errichtendem Betonbecken (s. Bild 11).

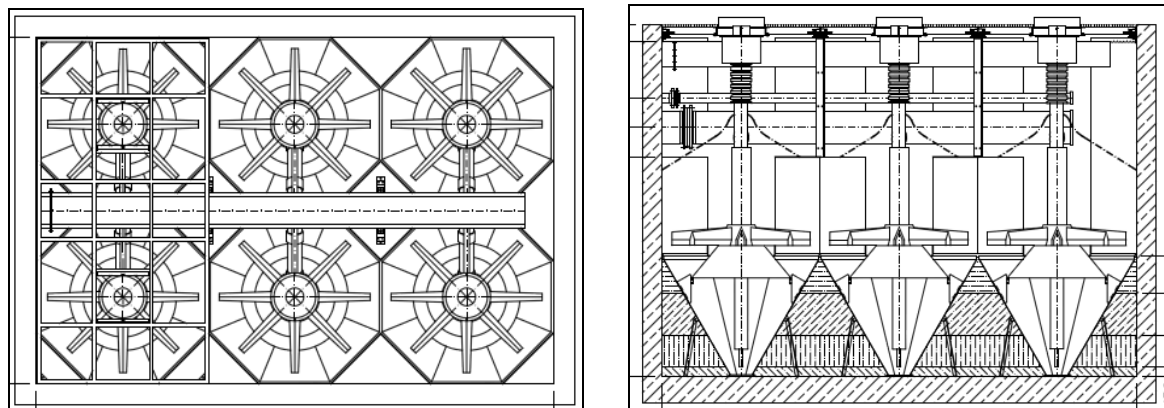


Bild 11: Draufsicht, Schnitt Dyna-Sand Carbon Filtration (Konstruktionszeichnung)  
(Quelle: Fa. Nordic Water)

Kurzbericht

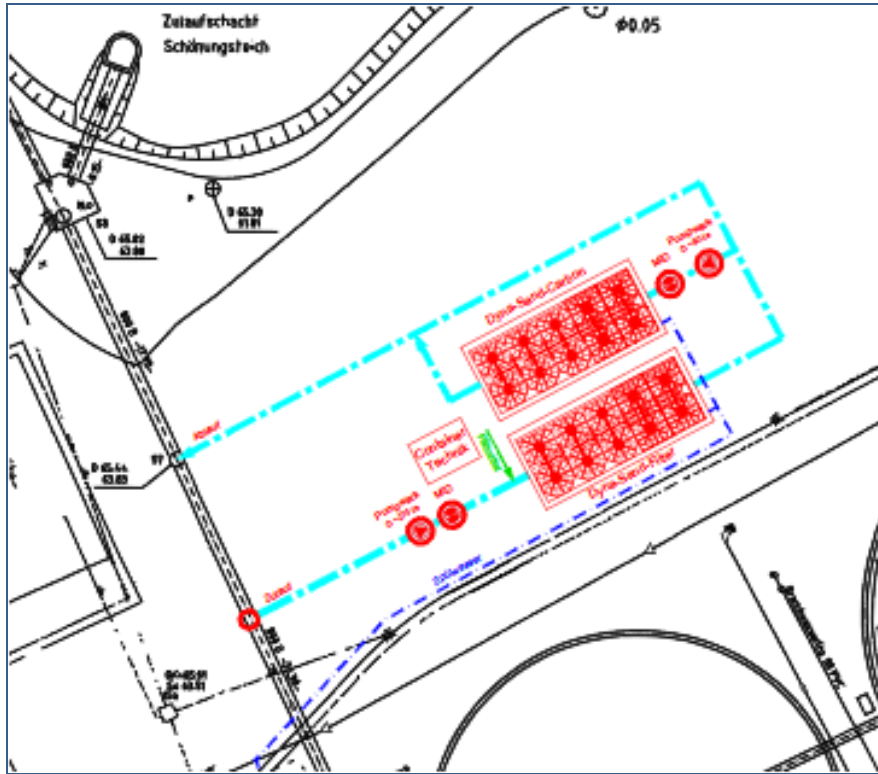


Bild 12: Lageplan KA Versmold - Variante 2.1 – GAK in Dyna-Sand Carbon Filtration

**Variante 2.2 – GAK Festbett-Adsorberstufe**

Es werden folgenden Anlagenkomponenten vorgesehen:

- Zuführende und ableitende Rohrleitungen, Beschickungspumpwerk
- Festbettadsorber
- Dyna-Sand-Filtration
- Elektro-, MSR Technik

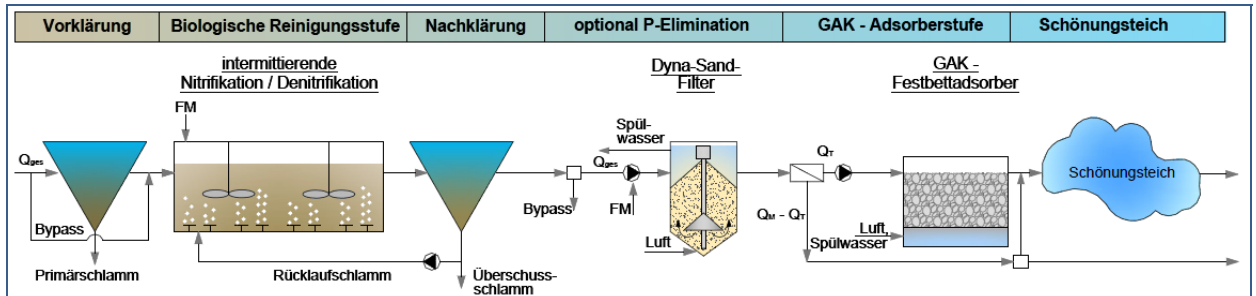


Bild 13: Verfahrensschema – Mikroschadstoffelimination – Variante 2.2





Kurzbericht

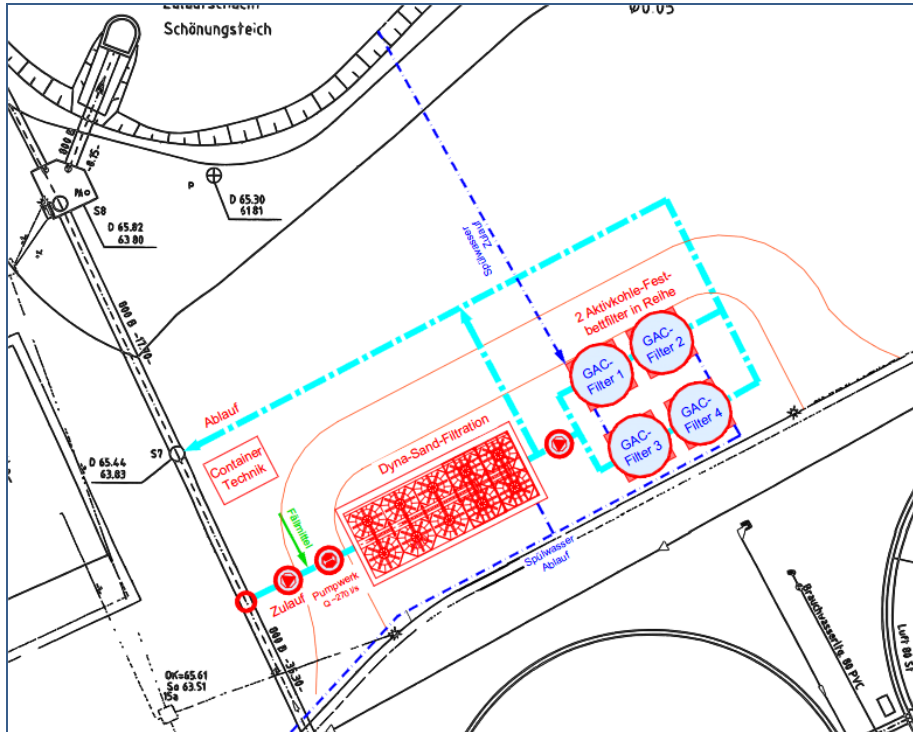


Bild 14: Lageplan KA Versmold - Variante 2.2 – GAK in Festbett-Adsorberstufe, vorgeschalteter Dyna-Sand Filter

**Variante 3.1 – Ozonung, nachgeschalteter Schönungsteich, vorgeschalteter Tuchfilter**

Es werden folgenden Anlagenkomponenten vorgesehen:

- Zuführende und ableitende Rohrleitungen, Beschickungspumpwerke
- Ozon Kontaktbecken, Ozondosierung
- Sauerstofftank, Ozonerzeugungsanlage mit Kühlung
- Restozonvernichter
- Scheibentuchfilter, Kontaktbecken Fällmitteldosierung
- Dosierstation Fällmittel

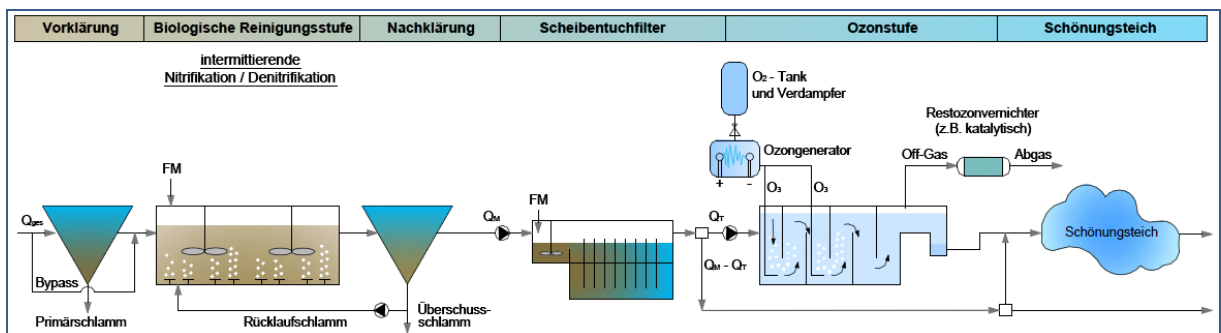


Bild 15: Verfahrensschema – Mikroschadstoffelimination – Variante 3.1

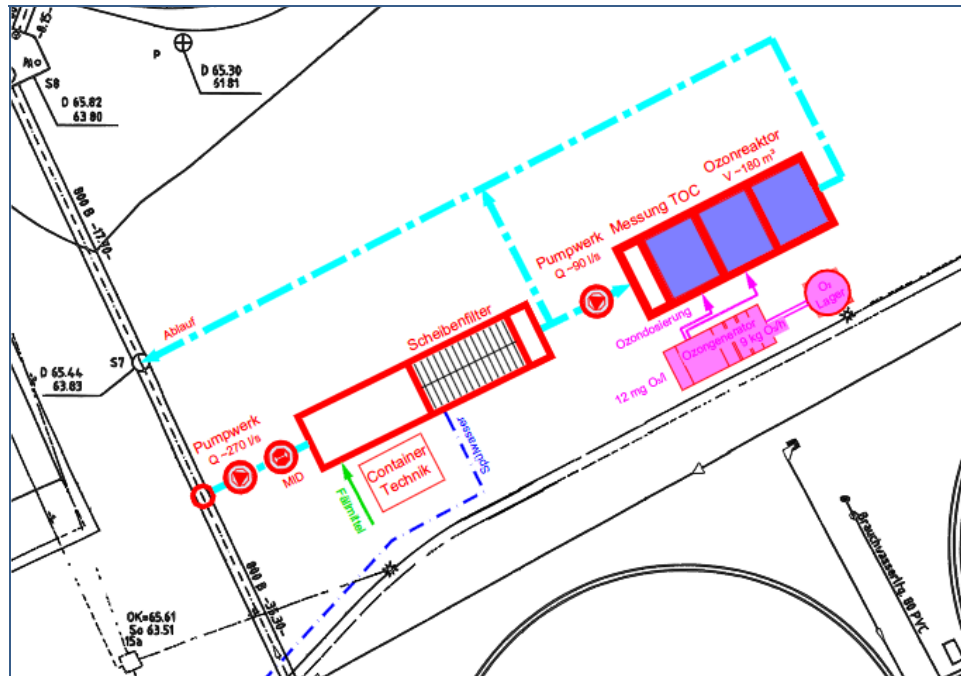


Bild 16: Lageplan KA Versmold - Variante 3.1 – Ozonung mit vorgeschaltetem Scheibentuchfilter und Schönungsteich

#### **Auslegung – Kontaktbecken:**

Das Reaktorvolumen wird mit Leitwänden ausgestattet. Das Becken erhält zwei Ozonbegasungszonen und eine Abklingzone. Das Becken wird gasdicht verschlossen. Der Gasraum wird kontinuierlich abgesaugt, das Off-Gas in einem Restozon-Vernichter behandelt. Der Ozoneintrag erfolgt feinblasig über keramische Diffusoren direkt in den Ozonreaktor.

Als Ozonerzeuger wird zunächst ein wassergekühlter Röhrenozonerzeuger vorgesehen. Die bei der Ozonbildung entstehende Verlustwärme wird über einen Rohrbündel-Wärmetauscher an das Kühlwasser abgeführt.

Die Herstellung von Ozon im Ozonerzeuger erfolgt aus sauerstoffhaltigen Gasen nach dem Prinzip der „Stillen elektrischen Entladung“.

Kurzbericht

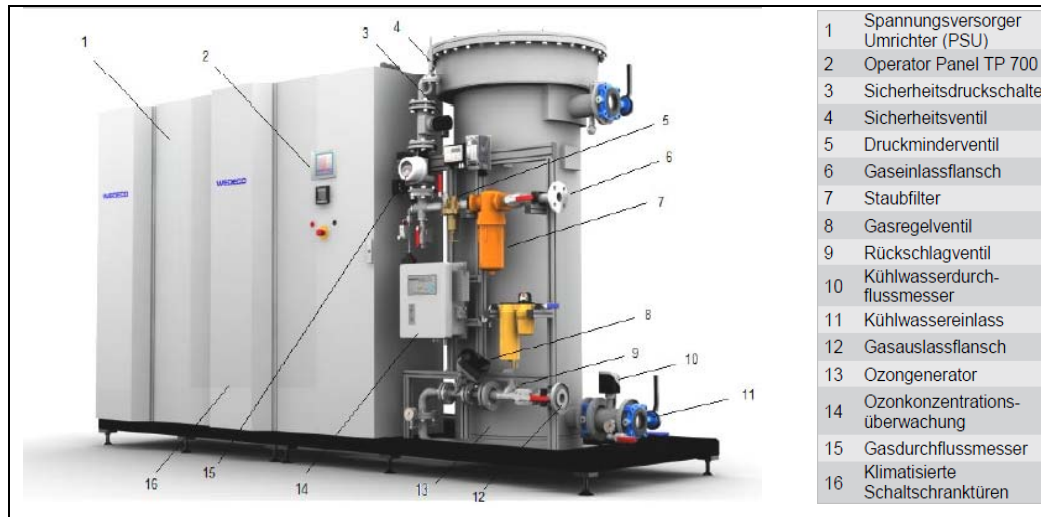


Bild 17: Beispiel Ozonerzeugungsgenerator (Quelle: Fa. Xylem)

Es wird vorgesehen, dass der Ozonerzeuger mit einer einfachen Einhausung in einem Container zu installieren ist.



Bild 18: Beispiel Aufstellung Ozongenerator in Container (Quelle: Fa. Xylem)

Für die Ozonung wird von einer Ozonerzeugung aus Flüssigsauerstoff (LOX) ausgegangen.



Kurzbericht

### Variante 3.1 – Ozonung, nachgeschalteter Dyna-Sand Filter

Die verwendeten Bauteile sind grundsätzlich identisch.

- Zuführende und ableitende Rohrleitungen, Beschickungspumpwerk
- Dyna-Sand Filtration, maschinelle Einrichtung, Betonbau
- Kompressorstation, Einhausung
- Dosierstation Fällmittel
- Elektro-, MSR Technik

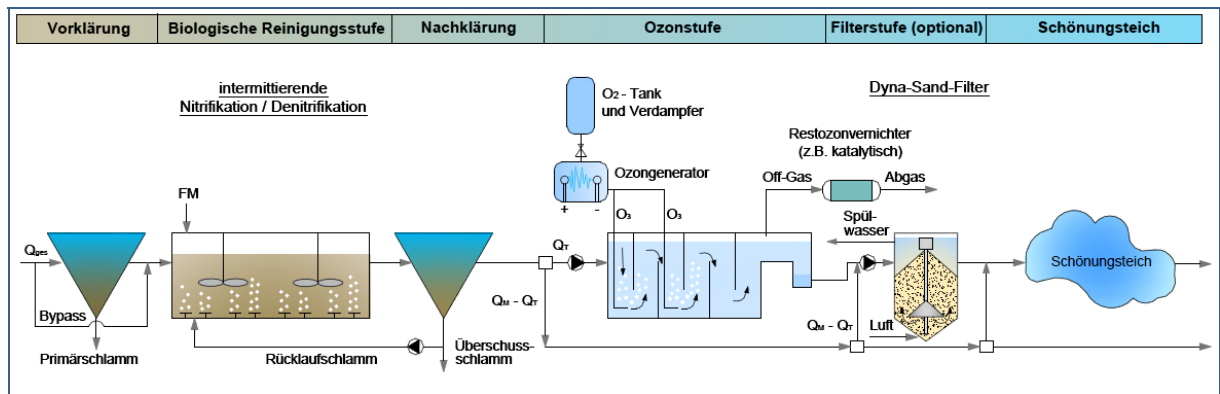


Bild 19: Verfahrensschema – Mikroschadstoffelimination – Variante 3.2

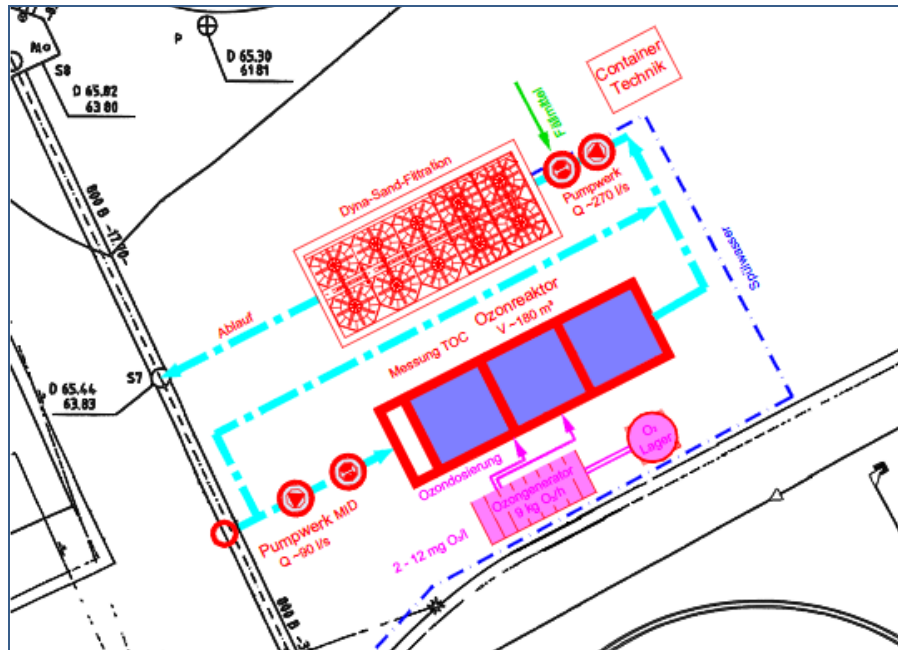


Bild 20: Lageplan KA Versmold - Variante 3.2 – Ozonung, Dyna-Sand Filtration



## 5 Wirtschaftlichkeitsvergleich

### Investitionskosten

Die Investitionskosten werden auf Basis von Kostenannahmen ermittelt. Herangezogen wurden Daten aus realisierten Bauprojekten, veröffentlichten Ansätzen der Literatur sowie aus Richtpreisangeboten verschiedener Hersteller, insbesondere zur technischen Ausrüstung.

Die Variante 1.1b weist mit rd. 2.26 Mio. Euro brutto die niedrigsten Investitionskosten auf. Mit Mehrkosten von etwa 16 % ist die Variante 1.1 mit PAK Dosierung und Dyna-Sand Filtration teurer als mit Tuchfiltration im Ablauf. Die mit GAK DS-C-Filtration weist Mehrkosten von rd. 21% auf. Varianten mit Ozonung 3.2 und 3.1 zeigen 24 % und 27 % höhere Investitionskosten.

Am teuersten sind die Varianten 1.2 bzw. 1.2b mit adsorptiver Reinigungsstufe mit 57 % bzw. 56 % höheren Kosten.

Tabelle 3: Zusammenstellung Investitionskosten

	Variante 1 - PAK			
	Variante 1.1 - PAK in Beleb., DS Filtration	Variante 1.1b - PAK in Beleb., ST Filtration	Variante 1.2 - PAK in adsorpt. Stufe, DS Filtr.	Variante 1.2.b - PAK in adsorpt. Stufe, ST Filtr.
<b>Baukosten</b>	813.645 €	589.035 €	1.403.573 €	1.223.545 €
<b>Maschinentechnik Kosten</b>	943.500 €	921.250 €	952.575 €	1.110.900 €
<b>EMSR-Technik Kosten</b>	75.000 €	75.000 €	136.000 €	136.000 €
<b>Summe Investkosten (netto)</b>	1.832.145 €	1.585.285 €	2.492.148 €	2.470.445 €
Nebenkosten Ing. honorare, Prüfgebühren (20%)	366.429 €	317.057 €	498.430 €	494.089 €
<b>Summe Investkosten, Nebenkosten (netto)</b>	2.198.574 €	1.902.342 €	2.990.578 €	2.964.534 €
Mehrwertsteuer 19%	417.729 €	361.445 €	568.210 €	563.261 €
<b>Summe Investkosten (brutto)</b>	<b>2.616.303 €</b>	<b>2.263.787 €</b>	<b>3.558.787 €</b>	<b>3.527.795 €</b>
<b>Prozente</b>	<b>116%</b>	<b>100%</b>	<b>157%</b>	<b>156%</b>





Kurzbericht

	Variante 2 - GAK		Variante 3 - Ozon	
	Variante 2.1 - GAK in DS-Carbon	Variante 2.2 - GAK in Festbett-Adsorption	Variante 3.1 - Ozon, Schöpfungsteich	Variante 3.2 - Ozon, Dyna-Sand Filtration
<b>Baukosten</b>	1.062.243 €	914.208 €	815.608 €	941.333 €
<b>Maschinentechnik Kosten</b>	721.350 €	1.033.725 €	1.086.750 €	910.350 €
<b>EMSR-Technik Kosten</b>	127.000 €	127.000 €	112.000 €	117.000 €
<b>Summe Investkosten (netto)</b>	1.910.593 €	2.074.933 €	2.014.358 €	1.968.683 €
Nebenkosten Ing. honorare, Prüfgebühren (20%)	382.119 €	414.987 €	402.872 €	393.737 €
<b>Summe Investkosten, Nebenkosten (netto)</b>	2.292.712 €	2.489.920 €	2.417.230 €	2.362.420 €
Mehrwertsteuer 19%	435.615 €	473.085 €	459.274 €	448.860 €
<b>Summe Investkosten (brutto)</b>	<b>2.728.327 €</b>	<b>2.963.004 €</b>	<b>2.876.503 €</b>	<b>2.811.279 €</b>
<b>Prozente</b>	<b>121%</b>	<b>131%</b>	<b>127%</b>	<b>124%</b>

**Betriebskosten**

Die Betriebskosten der einzelnen Varianten sind unterteilt in Wartung und Instandhaltung, Verbrauchsstoffe, Energiebedarf, Schlamm Entsorgung und Personalkosten.

Die Betriebskosten variieren von rd. 217.000 €/a der Varianten 3.2 bis rd. 325.000,- € brutto bei Variante 1.1b. Die kostengünstigsten Varianten mit Ozonung liegen mit einem Abstand von rd. 20 % zu Variante 2.1 mit GAK Filtration und rd. 33% zu Variante 1.2 mit PAK Dosierung in eine adsorptive Reinigungsstufe.

Die Betriebskosten von Varianten mit PAK Dosierung sind als vergleichsweise hoch eingeschätzt, weil bei der Schlamm Entsorgung von einer thermischen Entsorgung ausgegangen wird. Hier wirkt sich die Differenz zu der bisher möglichen landwirtschaftlichen Entsorgung aus.



Kurzbericht

Tabelle 4: Zusammenstellung Betriebskosten

	Variante 1 - PAK			
	Variante 1.1 - PAK in Beleb., DS Filtration	Variante 1.1b - PAK in Beleb., ST Filtration	Variante 1.2 - PAK in adsorpt. Stufe, DS Filtr.	Variante 1.2b - PAK in adsorpt. Stufe, ST Filtr.
Wartung u. Instandhaltung	37.941 €	35.028 €	45.333 €	48.282 €
Verbrauchsstoffe	88.653 €	99.766 €	38.853 €	43.081 €
Energiebedarf	17.607 €	17.388 €	35.137 €	32.849 €
Schlamm Entsorgung	111.215 €	111.215 €	111.726 €	111.726 €
Personalkosten	11.250 €	9.844 €	11.250 €	11.250 €
<b>Summe Betriebskosten (netto)</b>	<b>266.666 €</b>	<b>273.241 €</b>	<b>242.299 €</b>	<b>247.188 €</b>
Mehrwertsteuer 19%	50.667 €	51.916 €	46.037 €	46.966 €
<b>Summe Betriebskosten (brutto)</b>	<b>317.333 €</b>	<b>325.157 €</b>	<b>288.336 €</b>	<b>294.154 €</b>
<b>Prozente</b>	<b>146%</b>	<b>150%</b>	<b>133%</b>	<b>136%</b>

	Variante 2 - GAK		Variante 3 - Ozon	
	Variante 2.1 - GAK in DS-Karbon	Variante 2.2 - GAK in Festbett-Adsorption	Variante 3.1 - Ozon, Schönungsteich	Variante 3.2 - Ozon, Dyna-Sand Filtration
Wartung u. Instandhaltung	34.803 €	42.694 €	42.999 €	39.064 €
Verbrauchsstoffe	143.028 €	152.195 €	59.806 €	55.551 €
Energiebedarf	32.705 €	31.149 €	71.014 €	76.409 €
Schlamm Entsorgung	0 €	0 €	0 €	0 €
Personalkosten	8.438 €	9.844 €	11.250 €	11.250 €
<b>Summe Betriebskosten (netto)</b>	<b>218.974 €</b>	<b>235.882 €</b>	<b>185.069 €</b>	<b>182.274 €</b>
Mehrwertsteuer 19%	41.605 €	44.818 €	35.163 €	34.632 €
<b>Summe Betriebskosten (brutto)</b>	<b>260.579 €</b>	<b>280.700 €</b>	<b>220.232 €</b>	<b>216.906 €</b>
<b>Prozente</b>	<b>120%</b>	<b>129%</b>	<b>102%</b>	<b>100%</b>

### Jahreskosten

Die Wirtschaftlichkeit der untersuchten Varianten wurde mit einer dynamischen Kostenvergleichsrechnung nach KVR-Richtlinie der LAWA (2012) überprüft.



Kurzbericht

Tabelle 5 zeigt den Jahreskostenvergleich bei Berücksichtigung einer angenommenen Förderung der Investitionskosten von 70%.

Es zeigt sich, dass bei Berücksichtigung einer Förderung ebenfalls die Varianten 3.1 und 3.2 mit einer Ozonierung die günstigsten Jahreskosten aufweisen. Die Jahreskosten der übrigen Varianten zeigen Mehrkosten von 9 % - 32 %.

Die günstigsten spezifischen Kosten betragen 0,14 €/m<sup>3</sup> behandeltes Schmutzwasser gegenüber 0,16 €/m<sup>3</sup> ohne Förderung (Variante 3.2). Die spezifischen Kosten pro m<sup>3</sup> Frischwasser betragen 0,22 €/m<sup>3</sup> für Variante 3.2.

Tabelle 5: Zusammenstellung der Jahreskosten (mit Berücksichtigung einer Förderung der Investitionskosten von 70%)

Untersuchungszeitraum: 30 a Bezugszeitpunkt: 2015 Realer Zinssatz: ir = 3 % Preissteigerungsrate r = 0	Variante 1.1 - PAK in Beleb., DS Filtration	Variante 1.1b - PAK in Beleb., ST Filtration	Variante 1.2 - PAK in adsorpt. Stufe - DS Filtr.	Variante 1.2.b - PAK in adsorpt. Stufe - ST Filtr.
<b>Investitionskosten einschl. NK (20%) (gesamt) (netto)</b>	2.198.574 €	1.902.342 €	2.990.578 €	2.964.534 €
Annahme: Förderung Investitionskosten 70% (netto)	1.539.002 €	1.331.639 €	2.093.404 €	2.075.174 €
KFAKR <sup>3,30</sup>	0,05102	0,05102	0,05102	0,05102
<b>Ersparte Jahreskosten durch Förderung (70%)</b>	<b>78.520 €</b>	<b>67.940 €</b>	<b>106.805 €</b>	<b>105.875 €</b>
<b>Jahreskosten Invest,NK mit Förderung (netto)</b>	<b>76.690 €</b>	<b>71.281 €</b>	<b>94.015 €</b>	<b>99.839 €</b>
<b>Jahreskosten Betrieb (netto)</b>	<b>266.666 €</b>	<b>273.241 €</b>	<b>242.299 €</b>	<b>247.188 €</b>
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (netto)</b>	<b>343.356 €</b>	<b>344.522 €</b>	<b>336.314 €</b>	<b>347.027 €</b>
Mehrwertsteuer 19%	65.238 €	65.459 €	63.900 €	65.935 €
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (brutto)</b>	<b>408.593 €</b>	<b>409.982 €</b>	<b>400.214 €</b>	<b>412.962 €</b>
<b>Prozente</b>	130%	131%	128%	132%

**mit Förderung**

<b>Spezifische Kosten (brutto)</b>	<b>Variante 1.1</b>	<b>Variante 1.1b</b>	<b>Variante 1.2</b>	<b>Variante 1.2.b</b>
Angeschlossene Einwohner 55.625 EW	7,35 €/EW/a	7,37 €/EW/a	7,19 €/EW/a	7,42 €/EW/a
Behandelte Schmutzwassermenge 2.239.696 m <sup>3</sup> /a	0,18 €/m <sup>3</sup>	0,18 €/m <sup>3</sup>	0,18 €/m <sup>3</sup>	0,18 €/m <sup>3</sup>
Gebührenf. Frischwassermenge 1.449.808 m <sup>3</sup> /a	0,28 €/m <sup>3</sup>	0,28 €/m <sup>3</sup>	0,28 €/m <sup>3</sup>	0,28 €/m <sup>3</sup>



## Kurzbericht

Untersuchungszeitraum: 30 a Bezugszeitpunkt: 2015 Realer Zinssatz: $i_r = 3\%$ Preissteigerungsrate $r = 0$	Variante 2.1 - GAK in DS- Karbon	Variante 2.2 - GAK in Festbett- Adsorption	Variante 3.1 - Ozon, Schö- nungsteich	Variante 3.2 - Ozon, Dyna- Sand Filtration
<b>Investitionskosten einschl. NK (20%) (gesamt) (netto)</b>	2.292.712 €	2.489.920 €	2.417.230 €	2.362.420 €
Annahme: Förderung Investitionskosten 70% (netto)	1.604.898 €	1.742.944 €	1.692.061 €	1.653.694 €
KFAKR <sup>3,30</sup>	0,05102	0,05102	0,05102	0,05102
<b>Ersparte Jahreskosten durch Förderung (70%)</b>	<b>81.882 €</b>	<b>88.925 €</b>	<b>86.329 €</b>	<b>84.371 €</b>
<b>Jahreskosten Invest,NK mit Förderung (netto)</b>	<b>67.324 €</b>	<b>79.514 €</b>	<b>88.606 €</b>	<b>81.232 €</b>
<b>Jahreskosten Betrieb (netto)</b>	<b>218.974 €</b>	<b>235.882 €</b>	<b>185.069 €</b>	<b>182.274 €</b>
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (netto)</b>	<b>286.298 €</b>	<b>315.396 €</b>	<b>273.675 €</b>	<b>263.506 €</b>
Mehrwertsteuer 19%	54.397 €	59.925 €	51.998 €	50.066 €
<b>Jahreskosten Gesamt (brutto)</b>	<b>340.694 €</b>	<b>375.322 €</b>	<b>325.673 €</b>	<b>313.572 €</b>
<b>Prozente</b>	109%	120%	104%	<b>100%</b>

**mit Förderung**

Spezifische Kosten (brutto)	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Angeschlossene Einwohner 55.625 EW	6,12 €/EW/a	6,75 €/EW/a	5,85 €/EW/a	5,64 €/EW/a
Behandelte Schmutzwassermenge 2.239.696 m <sup>3</sup> /a	0,15 €/m <sup>3</sup>	0,17 €/m <sup>3</sup>	0,15 €/m <sup>3</sup>	0,14 €/m <sup>3</sup>
Gebührenf. Frischwassermenge 1.449.808 m <sup>3</sup> /a	0,23 €/m <sup>3</sup>	0,26 €/m <sup>3</sup>	0,22 €/m <sup>3</sup>	0,22 €/m <sup>3</sup>

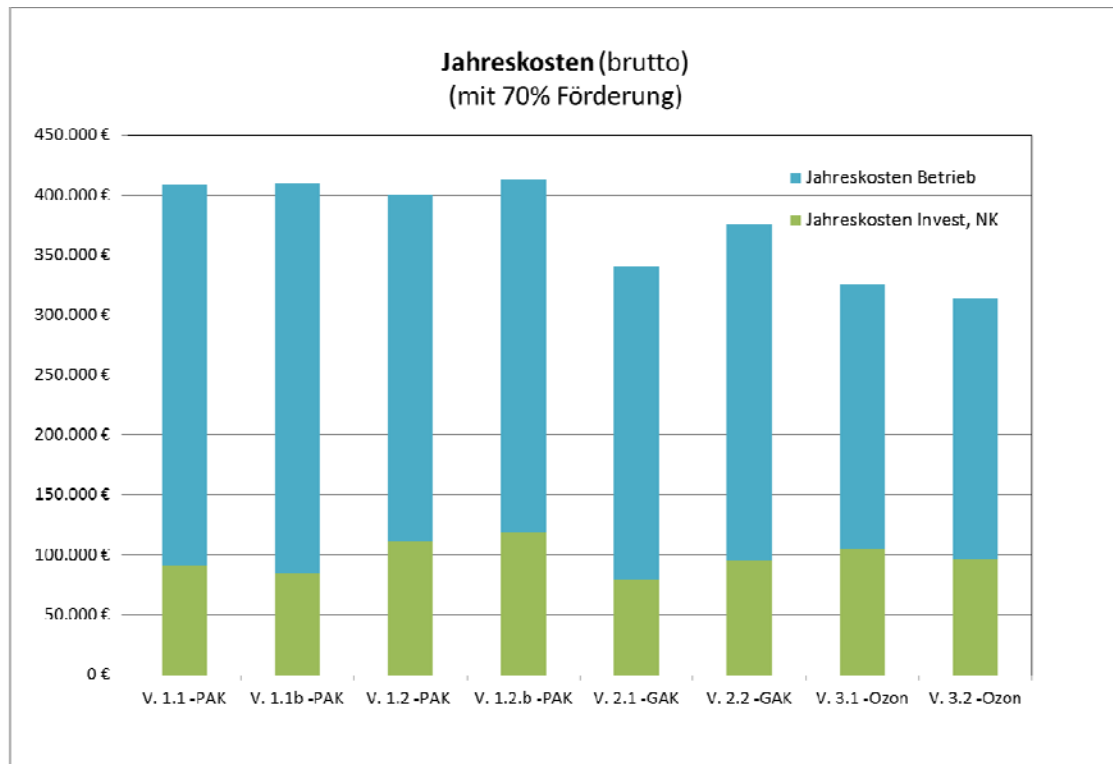


Bild 21: Jahreskosten mit Förderung, mit Schlammmentsorgungskosten

Will man berücksichtigen, dass ab 2025 voraussichtlich die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung für Kläranlagen ab Größenklasse 4 entfällt oder dass ein dauerhafter Umstieg von der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung zu einer thermischen Klärschlammverwertung vorgesehen werden soll, sind die Schlammmentsorgungskosten aus der Kostenvergleichsrechnung heraus zu nehmen.

Tabelle 6 zeigt die Jahreskosten ohne Schlammmentsorgungsmehrkosten einschließlich einer möglichen Förderung der Investitionskosten von 70%.

Es zeigt sich, dass bei Berücksichtigung einer Förderung und einer Vernachlässigung der Schlammmentsorgungsmehrkosten die Variante 1.2 mit PAK Dosierung in eine adsorptive Reinigungsstufe mit rd. 267.000,- €/a die günstigste Variante ist.





Kurzbericht

Tabelle 6: Zusammenstellung der Jahreskosten (mit Berücksichtigung einer Förderung der Investitionskosten von 70%) und ohne Schlammensorgungsmehrkosten

	Variante 1 - PAK			
Untersuchungszeitraum: 30 a Bezugszeitpunkt: 2015 Realer Zinssatz: $i_r = 3\%$ Preissteigerungsrate $r = 0$	Variante 1.1 - PAK in Beleb., DS Filtration	Variante 1.1b - PAK in Beleb., ST Filtration	Variante 1.2 - PAK in adsorpt. Stufe - DS Filtr.	Variante 1.2.b - PAK in adsorpt. Stufe - ST Filtr.
<b>Jahreskosten Invest,NK mit Förderung (netto)</b>	76.690 €	71.281 €	94.015 €	99.839 €
<b>Jahreskosten Betrieb ohne Schlammensorgung (netto)</b>	155.451 €	162.026 €	130.573 €	135.462 €
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (netto)</b>	232.141 €	233.307 €	224.588 €	235.301 €
Mehrwertsteuer 19%	44.107 €	44.328 €	42.672 €	44.707 €
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (brutto)</b>	276.248 €	277.636 €	267.260 €	280.008 €
<b>Prozente</b>	103%	104%	100%	105%

**mit Förderung, ohne Schlammensorgungskosten**

Spezifische Kosten (brutto)	Variante 1.1	Variante 1.1b	Variante 1.2	Variante 1.2.b
Angeschlossene Einwohner 55.625 EW	4,97 €/EW/a	4,99 €/EW/a	4,80 €/EW/a	5,03 €/EW/a
Behandelte Schmutzwassermenge 2.239.696 m <sup>3</sup> /a	0,12 €/m <sup>3</sup>	0,12 €/m <sup>3</sup>	0,12 €/m <sup>3</sup>	0,13 €/m <sup>3</sup>
Gebührenf. Frischwassermenge 1.449.808 m <sup>3</sup> /a	0,19 €/m <sup>3</sup>	0,19 €/m <sup>3</sup>	0,18 €/m <sup>3</sup>	0,19 €/m <sup>3</sup>

	Variante 2 - GAK		Variante 3 - Ozon	
Untersuchungszeitraum: 30 a Bezugszeitpunkt: 2015 Realer Zinssatz: $i_r = 3\%$ Preissteigerungsrate $r = 0$	Variante 2.1 - GAK in DS-Karbon	Variante 2.2 - GAK in Festbett-Adsorption	Variante 3.1 - Ozon, Schö-nungsteich	Variante 3.2 - Ozon, Dyna-Sand Filtration
<b>Jahreskosten Invest,NK mit Förderung (netto)</b>	67.324 €	79.514 €	88.606 €	81.232 €
<b>Jahreskosten Betrieb ohne Schlammensorgung (netto)</b>	218.974 €	235.882 €	185.069 €	182.274 €
<b>Jahreskosten Gesamt mit Förderung (netto)</b>	286.298 €	315.396 €	273.675 €	263.506 €
Mehrwertsteuer 19%	54.397 €	59.925 €	51.998 €	50.066 €
<b>Jahreskosten Gesamt (brutto)</b>	340.694 €	375.322 €	325.673 €	313.572 €
<b>Prozente</b>	127%	140%	122%	117%

**mit Förderung, ohne Schlammensorgungskosten**

Spezifische Kosten (brutto)	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 3.1	Variante 3.2
Angeschlossene Einwohner 55.625 EW	6,12 €/EW/a	6,75 €/EW/a	5,85 €/EW/a	5,64 €/EW/a
Behandelte Schmutzwassermenge 2.239.696 m <sup>3</sup> /a	0,15 €/m <sup>3</sup>	0,17 €/m <sup>3</sup>	0,15 €/m <sup>3</sup>	0,14 €/m <sup>3</sup>
Gebührenf. Frischwassermenge 1.449.808 m <sup>3</sup> /a	0,23 €/m <sup>3</sup>	0,26 €/m <sup>3</sup>	0,22 €/m <sup>3</sup>	0,22 €/m <sup>3</sup>

## 6 Bewertung der Planungskonzepte zur Spurenstoffelimination

Für die Bewertung der untersuchten Varianten zur Mikroschadstoffelimination sind die Kosten das wesentliche Kriterium. Daneben gehen jedoch weitere Kriterien in die Entscheidungsfindung ein wie Reinigungsleistung, Planungssicherheit (Referenzen), Transformationsprodukte, Platzbedarf etc.. Hierzu wird ein technisch, wirtschaftlicher Variantenvergleich durch eine Kosten-Nutzwertanalyse vorgenommen.

In der Bewertungsmatrix der Kosten-Nutzwertanalyse erfolgt die Gewichtung der weichen oder technischen, in Geldwert nicht darstellbaren, Kriterien nach subjektiver Einschätzung in Abstimmung mit der Stadt Versmold. In der nachfolgenden Tabelle 7 werden diese Kriterien zusammengestellt und gewichtet. Die Gewichtung wird mit einer Punktzahl von 1 bis 5 Nutzpunkten multipliziert, wobei die Punktzahl 1 der niedrigsten und die Punktzahl 5 der höchsten Zielerreichungsbewertung entspricht.

Tabelle 7: Bewertungsmatrix der diskutierten Varianten zur Spurenstoffelimination

Kriterium	Wichtung	Variante 1.1 -PAK in BB, DS-Filter		Variante 1.2 -PAK Adsorpt. Stufe		Variante 2.1 -GAK DS-Karbon		Variante 2.2 -GAK Adsorber		Variante 3.1 -Ozon, Schönung.		Variante 3.2 -Ozon, DS Filter	
		[%]	Punkte	Gewicht	Punkte	Gewicht	Punkte	Gewicht	Punkte	Gewicht	Punkte	Gewicht	Punkte
Jahreskosten ohne Förderung	30%	3	0,90	4	1,20	5	1,50	4	1,20	5	1,50	5	1,50
Jahreskosten mit Förderung	30%	3	0,90	3	0,90	5	1,50	3	0,90	5	1,50	5	1,50
Jahreskosten, Förderung, ohne Schlammments.	30%	5	1,50	5	1,50	3	0,90	3	0,90	3	0,90	4	1,20
Reinigungsleistung Spurenstoffe	15%	3	0,45	5	0,75	4	0,60	4	0,60	5	0,75	5	0,75
Reinigungsleistung P, CSB (zusätzliche Reduktion)	10%	4,5	0,45	5	0,50	4,5	0,45	4,5	0,45	4,5	0,45	4,5	0,45
Reinigungsleistung Mikroplastik	5%	4	0,20	4	0,20	4	0,20	4	0,20	5	0,25	4	0,20
Reduzierung von Legionellen, Keimen im KA Ablauf	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15	3	0,15	4	0,20	5	0,25
Bildung Nebenprodukte (Transformationsprodukte)	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	3	0,15	4	0,20
Wartungsaufwand, Betriebsaufwand	5%	4	0,20	3	0,15	4	0,20	4	0,20	3	0,15	3	0,15
Erfahrungen, Referenzen	5%	3	0,15	4	0,20	4	0,20	3	0,15	4	0,20	4	0,20
Betriebssicherheit	5%	4	0,20	3	0,15	4	0,20	2	0,10	3,5	0,18	3,5	0,18
Sensitivität Kostensteigerung	5%	3	0,15	4	0,20	3	0,15	3	0,15	4	0,20	4	0,20
Klimarelevanz, CO <sub>2</sub> -Emission	5%	4	0,20	4	0,20	4	0,20	4	0,20	4	0,20	4	0,20
Platzbedarf	5%	4	0,20	1	0,05	4	0,20	4	0,20	3	0,15	4	0,20
Summe ohne Förderung	100%		3,50		4,00		4,30		3,85		4,38		4,48
Summe mit Förderung	100%		3,50		3,70		4,30		3,55		4,38		4,48
Summe - Förderung, ohne Schlammments.	100%		4,10		4,30		3,70		3,55		3,78		4,18

Bewertung: 5 Punkte = sehr gut, 4 Punkte = gut, 3 Punkte = befriedigend, 2 Punkte = ausreichend, 1 Punkt = schlecht

Die Kosten-Nutzwertanalyse zeigt sowohl bei Vernachlässigung einer Förderung, als auch bei Berücksichtigung einer Förderung, für das Verfahren 3.2 Ozonung mit nachgeschalteter Dyna-Sand Filtration mit 4,48 die höchste Bewertung. Variante 3.1 Ozonung und Schönungsteich und vorgeschalteter Tuchfiltration folgt mit geringem Abstand mit 4,38 Punkten. Bei Vernachlässigung der Schlammmentsorgungskosten ist die Variante 1.2 mit 4,30 Punkten am höchsten bewertet. Das Verfahren weist allerdings auch den größten Platzbedarf auf.

## 7 Zusammenfassung und Empfehlung

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden insgesamt sechs verfahrenstechnische Varianten sowie zwei Untervariante hinsichtlich der Eignung für eine Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Versmold in Bezug auf die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit untersucht. Es handelt sich um zwei Verfahren mit Einsatz von Pulveraktivkohle (PAK), zwei Verfahren auf Basis von granulierter Aktivkohle (GAK) sowie zwei Verfahren mit Einsatz von Ozon als Oxidationsmittel.

Unter Einbeziehung der derzeit mögliche Förderung der Maßnahme von 70% der Investitionskosten, ergeben sich Jahreskosten von rd. 313.000,- € (brutto) für die günstigste Variante 3.2 mit Ozonung und Dyna-Sand-Filter. Die spezifischen Kosten für behandeltes Schmutzwasser betragen für diese Variante 5,64 €/EW/a bzw. 0,22 € pro m<sup>3</sup> Frischwasser (brutto).

Als Ergebnis wird empfohlen, die Variante 3.2 mit Ozonierung und Dyna-Sand Filtration mit einer Bewertung von 4,48 Nutzwertpunkten weiter zu verfolgen.

Derzeit ist nicht bekannt wann Auflagen zur Spurenstoffbehandlung seitens des Gesetzgebers erlassen werden. Die Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination wird aber durch das Landes Nordrhein-Westfalen in Vertretung durch die Bezirksregierungen Detmold empfohlen.

Bei Umsetzung der Maßnahme und Betrieb einer Filtration mit Phosphat-Fällung wird eine Reduzierung der Phosphat-Konzentrationen und -Frachten im Ablauf der Kläranlage erreicht. Aufgrund der bestehenden Gewässerbelastung u.a. mit Phosphaten, ist zukünftig eine Auflage der Aufsichtsbehörde zur Verminderung der P-Einleitungen möglich.

Sollte sich die Stadt Versmold zu der Nachrüstung einer Stufe zur Spurenstoffbehandlung auf der Kläranlage Versmold entschließen, wird empfohlen die Variante 3.2 Ozonierung und Dyna-Sand Filtration zu verfolgen.

## 8 Beteiligte Einrichtungen, Organisation und Firmen

### **Betreiber:**

Stadt Versmold  
Münsterstraße 16, 33775 Versmold  
Herr Khosrow Ghobadi Tel. 05423 / 954-173

### **Planung:**

Ingenieurgesellschaft Dr. Knollmann mbH  
Groß-Buchholzer Kirchweg 30, 30655 Hannover  
Dr.-Ing. Jens Knollmann 0511/54750-0

### **Unterstützende Institutionen:**

Bezirksregierung Detmold  
Büntestr. 1, 32427 Minden

### **Förderung:**

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

