

# Machbarkeitsstudie zur Mikroschadstoffelimination auf der Kläranlage Schwalmtal-Amern



**Kurzfassung**

**Juli 2018**



**Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH**

Beratende Ingenieure Ingenieurkammer-Bau NRW

Auftraggeber:

Schwalmtalwerke AöR  
Markt 20  
41366 Schwalmtal

Gefördert durch:

**Bezirksregierung  
Düsseldorf**



Bearbeitung:

Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH  
Charlottenburger Allee 11  
52068 Aachen  
Tel.: 02 41 – 96 87 0 - 0  
Fax.: 02 41 – 96 87 0 - 60

Dipl.-Ing. Ulrike Weber  
B. Eng. Johannes Rausch

Aachen, den 16.07.2018

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1	KURZBESCHREIBUNG DER KLÄRANLAGE .....	5
1.2	GEWÄSSERBELASTUNG .....	5
<b>2</b>	<b>VORUNTERSUCHUNGEN ZUR MIKROSCHADSTOFFELIMINATION</b> .....	<b>6</b>
2.1	GENEHMIGUNGSSITUATION ZKA SCHWALMTAL-AMERN .....	6
2.2	HINTERGRUND DER MIKROSCHADSTOFFELIMINATION.....	6
<b>3</b>	<b>AUSARBEITUNG DER TECHNISCHEN ANLAGENKONZEPTE</b> .....	<b>8</b>
3.1	VARIANTE 1 (OZONUNG MIT BIOL. AKTIVKOHLEFILTER).....	10
3.2	VARIANTE 2 (OZONUNG OHNE BIOL. NACHBEHANDLUNG) .....	10
3.3	VARIANTE 3 (PAK-KONTAKT UND ABSETZBECKEN, INKL. TUCHFILTRATION) ...	11
3.4	VARIANTE 4 (GAK-FILTRATION) .....	11
3.5	KOSTENSCHÄTZUNG.....	12
<b>4</b>	<b>NUTZWERTANALYSE</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>VERFAHRENSEMPFEHLUNG</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG/FAZIT</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>REFERENZEN</b> .....	<b>19</b>

## ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 – Übersichtskarte der Probenahmepunkte	M 1 : 10.000
Anlage 2 – Zusammenfassung Laboranalytik	
Anlage 3 – Kostenschätzung	
Anlage 4 – Skizzen Variantenumsetzung	

## 1 VERANLASSUNG

Unter Mikroschadstoffen werden verschiedene Substanzen wie Arzneimittel, Röntgenkontrastmittel, Kosmetika, Haushaltschemikalien, Biozide und Pestizide sowie Industriechemikalien erfasst, die über unterschiedliche Eintragungspfade in Gewässer gelangen. Angesichts ihrer Persistenz sowie Bioakkumulation und der noch nicht vollständig erforschten Toxizität von Mikroschadstoffen besteht die Pflicht des nachhaltigen Gewässerschutzes, den Eintrag von Mikroschadstoffen in Gewässer weitestgehend zu minimieren.

Eintragungspfade von Mikroschadstoffen in Gewässer können Direkteinleitungen von Industriebetrieben sowie diffuse Quellen oder etwa kommunale Kläranlagen darstellen. Das in der Kläranlage zu behandelnde Abwasser beinhaltet oftmals Medikamentenrückstände, die nach der Einnahme von Arzneimitteln, in den Ausscheidungen der Menschen vorzufinden sind. Die meisten Kläranlagen sind für eine Behandlung dieser speziellen Abwasserinhaltsstoffe nicht ausgelegt und gelangen so in unsere Umwelt.

Aufgrund zahlreicher Weiterentwicklungen in der Laboranalytik ist es möglich, eine Vielzahl dieser Stoffe in den Gewässern nachzuweisen. Die Auswirkungen von einzelnen und kombinierten Mikroschadstoffen auf Mensch und Ökosysteme ist bis heute noch nicht umfassend erforscht. Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft von der Gesetzgebung zusätzliche Grenzwerte für einzelne oder mehrere Stoffe bzw. Stoffgruppen vorgeschrieben werden.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, fordert das Umweltbundesamt die Fortschreibung des Standes der Technik bei der Abwasserbehandlung und die Einführung weitergehender Abwasserbehandlungsverfahren sowohl in kommunalen Kläranlagen der Größenklasse 5 als auch kleinerer Kläranlagen, die in sensitive Vorfluter einleiten (1).

Mit dem 4. Änderungsbescheid für die Kläranlage Schwalmtal-Amern wurde dem Betreiber Schwalmtalwerke AöR aufgegeben, ein Monitoring für Mikroschadstoffe durchzuführen. Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es den Eintrag von Mikroschadstoffen durch die Kläranlage Schwalmtal-Amern zu bewerten und zu prüfen welche Verfahren zur Mikroschadstoffelimination in den vorhandenen Abwasserreinigungsprozess ggf. integriert werden können.

Der Betreiber der Kläranlage Schwalmtal-Amern, die Schwalmtalwerke AöR haben das Ingenieurbüro Achten und Jansen GmbH mit der Erstellung einer solchen Machbarkeitsstudie beauftragt. Diesbezüglich wurde im Juli 2017 ein ausführliches Screening auf Mikroschadstoffe vollzogen, um die dabei

auffälligen, ausgewählten Parameter im nachfolgenden Monitoring zu überwachen und auf Grundlagen dessen eine Machbarkeitsstudie aufzustellen.

## 1.1 KURZBESCHREIBUNG DER KLÄRANLAGE

Die Schwalmtalwerke AöR betreiben die Zentralkläranlage Schwalmtal-Amern (ZKA Schwalmtal-Amern) mit einer Ausbaugröße von 38.000 EW. Die Kläranlage liegt im Nordwesten des Ortsteils Amern in der Gemeinde Schwalmtal. Die Kläranlage wurde in der Zeit um 1974 errichtet und in Betrieb genommen. Im Jahre 1988 erfolgte eine umfangreiche Sanierung. Die an die Kläranlage angeschlossene Fläche beträgt ca. 735 ha. Im Einzugsgebiet der Kläranlage befinden sich zudem drei Regenüberlaufbecken: Waldniel/Winkel, Fliederweg/Kockskamp und Hauptstraße/Viehsteige. Zusätzlich ist der Kläranlage ein Regenüberlaufbecken vorgeschaltet, um im Regenwetterfall eine Überlastung der Kläranlage zu vermeiden.

Der Abwasserreinigungsprozess auf der Kläranlage Schwalmtal teilt sich in eine mechanische und biologische Abwasserreinigung auf.

## 1.2 GEWÄSSERBELASTUNG

Die Kläranlage Schwalmtal-Amern leitet das gereinigte Abwasser in den Kranenbach ein. Der ökologische Zustand des Kranenbaches ist nach Angaben des elektronischen wasserwirtschaftlichen Verbundsystems für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW (ELWAS) (2) als unbefriedigend einzustufen. Der Kranenbach fließt neben dem Beeckbach, Mühlenbach sowie Knippertzbach der Schwalm (Maas) zu.

Das vorwiegend kommunale Abwasser wird durch die im Einzugsgebiet vorhandenen Indirekteinleiter beeinflusst. Im Gebiet der Kläranlage Schwalmtal-Amern befinden sich überwiegend Betriebe aus Lebensmittelbranche. Anzugeben sind ein Fruchtsafthersteller, ein Hersteller von Frisch-Convenience-Produkten, ein Backwarenhersteller, ein Fleischwarenhersteller, ein Speiseeishersteller sowie ein Obst- und Gemüseverarbeiter. Im Einzugsgebiet der Kläranlage Schwalmtal-Amern befindet sich kein Krankenhaus. Jedoch sind mehrere Seniorenwohnhäuser vorhanden. Diese Abwässer können u. a. durch die Einnahme von Arzneimitteln mit diversen Mikroschadstoffen belastet sein. Im Ortsteil Waldniel sind nach derzeitigem Stand rd. 98 Pflege- sowie 5 Intensivpflegeplätze vorhanden. Im Ortsteil Amern existieren lediglich 3 Pflegeplätze.

## 2 VORUNTERSUCHUNGEN ZUR MIKROSCHADSTOFFELIMINATION

### 2.1 GENEHMIGUNGSSITUATION ZKA SCHWALMTAL-AMERN

In dem 4. Änderungsbescheid (Az. 54.07.04.40-1-108/2016 vom 05.04.2016) der Bezirksregierung Düsseldorf bzgl. der Einleitung von Abwasser aus der Kläranlage Schwalmtal-Amern in den Kranenbach wurden folgende Nebenbestimmungen festgelegt: In den Jahren 2016/2017 ist jeweils 4-mal pro Jahr parallel zur Selbstüberwachung der Einleitung eine Untersuchung ober- und unterhalb der Einleitungsstelle der Kläranlage sowie die Einleitung selbst auf folgende Stoffe durchzuführen:

Tabelle 2-1: Untersuchungsumfang für Monitoring

Substanzgruppe	Substanz(en)
Korrosionsschutzmittel	Benzotriazol
Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite	Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac, Metoprolol, Sulfamethoxazol, Sotalol
Röntgenkontrastmittel	Iopamidol

Für den Zu- und Ablauf der Kläranlage sowie dem Kranenbach (oberhalb der ZKA und Pegel) wurde ein vorher festgelegter Parameterumfang von den (o. g.) 8 Mikroschadstoffsubstanzen analysiert. Im Ablauf der KA wurden zusätzlich die verfahrensbegrenzenden Parameter AFS, Bromid, Nitrit und TOC beprobt. Das Screening auf die 8 Parameter wurde vom Labor des Niersverbands (Viersen) durchgeführt.

### 2.2 HINTERGRUND DER MIKROSCHADSTOFFELIMINATION

Bei der ersten Vorabuntersuchung (Screening) auf Mikroschadstoffe im Zulauf und Ablauf der ZKA sowie des Kranenbaches oberhalb und unterhalb der Kläranlage, wurden die im 4. Änderungsbescheid genannten Substanzen in den Proben analysiert. Die Auswahl der Substanzen orientiert sich an dem Stoffflussmodell „Mikroschadstoffe aus kommunalem Abwasser“, deren Vorliegen in repräsentativen Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen vom LANUV gemessen wurde. Neben der Untersuchung der 8 Parameter, wurde zusätzlich eine qualifizierte Stichprobe vom Ablauf der Kläranlage Schwalmtal-Amern gezogen und auf alle Substanzen gemäß dem Leitfaden „Mikroschadstoffentfernung machbar?“ des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe.NRW (3) untersucht. Diese weitere (Screening-)Analyse sollte das anvisierte Analysespektrum für das Monitoring überprüfen, um das Monitoring ggf. anpassen zu können.

An insgesamt 5 Terminen erfolgte eine zeitgleiche Beprobung mittels qualifizierter Stichproben (Mischprobe aus mind. 5 Stichproben). Beprobte wurden der Zu- und Ablauf der Kläranlage sowie der Kranenbach ober- und unterhalb der KA-Einleitungsstelle. Während der letzten 4. und 5. Beprobung wurde ebenfalls eine Probe vom Ablauf des Borner Sees, der unterhalb der Kläranlage liegt, analysiert.

Aufgrund des nicht Vorliegens von konkreten Grenzwerten für Mikroschadstoffe, gestaltet sich eine Bewertung der gemessenen Konzentrationen als schwierig. Die analysierten Parameter im Zu- und Ablauf der Kläranlage Schwalmtal-Amern wurden mit den in der Machbarkeitsstudie (des Kompetenzzentrums Mikroschadstoffe.NRW) vorgegebenen Bewertungskriterien gegenübergestellt. Die Bewertung der Mikroschadstoffe im Gewässer (Kranenbach) erfolgt hingegen mit Hilfe der Umweltqualitätsnorm, kurz UQN. Die UQN findet ihre Berücksichtigung in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und wird dort wie folgt definiert: „Die Konzentration eines bestimmten Schadstoffs oder einer bestimmten Schadstoffgruppe, die in Wasser, Schwebstoffen, Sedimenten oder Biota aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes nicht überschritten werden darf“ (vgl. OGewV § 2, 2016, S. 3). (4)

Dieser Wert gibt die Konzentration eines bestimmten Schadstoffes oder einer bestimmten Schadstoffgruppe, die im Wasser, Sediment oder Biota im Jahresmittelwert (oder ggf. Maximum) nicht überschritten werden darf, an. Bei den Werten der UQN handelt es sich um einen präventiven Vorsorgewert, der nicht wissenschaftlich abgeleitet ist.

Eine Zusammenfassung der Werte der Umweltqualitätsnormen und Orientierungswerte sind in Anhang D 4 (Stand April 2014) im „Leitfaden Monitoring Oberflächengewässer Teil D“ dargestellt. Der Anhang D 4 beinhaltet grundlegend die Bewertungsgrundlagen für die vom LANUV bzw. den sondergesetzlichen Wasserverbänden geprüften Parameter. (siehe: [http://wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden\\_Monitoring\\_Oberfl%C3%A4chengew%C3%A4sser\\_Teil\\_D/\\_/Anlage\\_4](http://wiki.flussgebiete.nrw.de/index.php/Leitfaden_Monitoring_Oberfl%C3%A4chengew%C3%A4sser_Teil_D/_/Anlage_4), Zugriff am 21.11.2017)

Die Folge der Einleitung der Kläranlage auf den Kranenbach bewirkte während allen 5 Gewässeranalysen einen auffallenden Anstieg der in der UQN aufgeführten Parameter: Carbamazepin, Clarithromycin, Diclofenac und Iopamidol. Vor der Einleitung der ZKA in den Kranenbach zeigte sich für die o.g. Stoffe keine Überschreitung der UQN.

Die nachfolgende Abbildung 2-1 visualisiert den Anstieg der Mikroschadstoffkonzentration im Kranenbach nach Einleitung der Kläranlage, anhand von drei Spurenstoffen während der letzten Beprobung vom

24.01.2018. Eine detaillierte Darstellung aller Untersuchungsergebnisse ist in Anlage 2 zu finden.

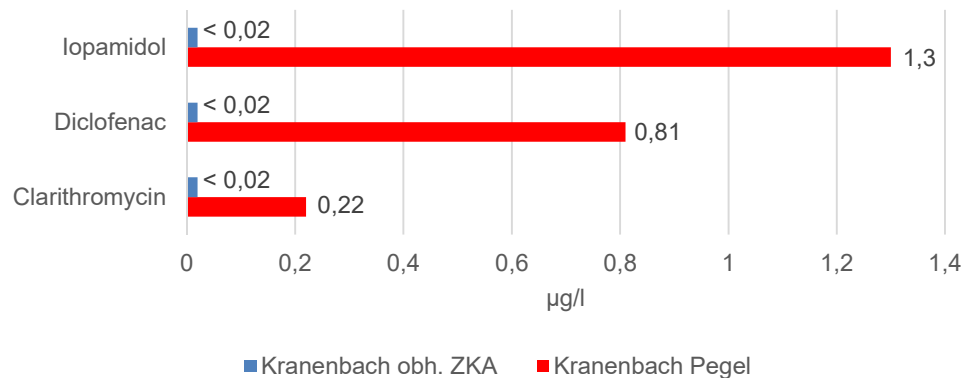


Abbildung 2-1: Zunahme der Mikroschadstoffkonzentration nach KA-Einleitung in Kranenbach

Bei dem umfangreichen Screening aller Leitsubstanzen wurde zudem eine Überschreitung der vorgegebenen Bewertungskriterien für Sartane (Valsartan und Candesartan) festgestellt. In Abstimmung mit der zuständigen Genehmigungsbehörde wurde festgelegt, dass der Untersuchungsumfang gem. Tabelle 2-1 während des Monitorings beibehalten wird. Die festgestellten Sartane werden während des Monitorings nicht weiter beprobt, jedoch muss deren Vorliegen berücksichtigt werden.

### 3 AUSARBEITUNG DER TECHNISCHEN ANLAGENKONZEPTE

Im nachfolgenden Kapitel werden untersuchten Varianten, in Hinblick auf ihre Integrierbarkeit auf der ZKA, beschrieben. Da auf der KA Schwalmtal-Amern keine nutzbaren Ressourcen zur Verfügung stehen, werden die nachfolgenden Varianten für eine 4. Reinigungsstufe als Neubau konzipiert.

Zusammen mit den Betreibern der Schwalmtalwerke wurden insgesamt vier Varianten bestimmt, die in der Machbarkeitsstudie näher untersucht wurden:

- **Variante 1:**  
Ozonung mit biol. Aktivkohlefilter (inkl. vorgeschalteter Sandfiltration)
- **Variante 2:**  
Ozonung ohne biol. Nachbehandlung (inkl. vorgeschalteter Sandfiltration)
- **Variante 3:**  
PAK-Kontakt und Absetzbecken, inkl. Tuchfiltration
- **Variante 4:**  
GAK-Filtration (inkl. vorgeschalteter Sandfiltration)



Aufgrund des oberflächennahen Grundwasserstandes werden die folgenden Anlagenkonzepte nicht als Erdbecken vorgesehen. Nach Aussagen der Schwalmtalwerke AöR liegt der GW-Stand auf dem Kläranlagengelände bei rd. 1,50 m unter der GOK. Aufgrund des hohen GW-Standes erfolgt die nachfolgende Variantendarstellung als Neubau mit oberirdischen Anlagenteilen. Dies erspart bei Reparaturarbeiten eine aufwendige GW-Haltung und ermöglicht es die Anlagenkomponenten besser überwachen und instand halten zu können. Zusätzlich wird die Unterbringung der Filtrationsstufe und diverser Anlagenteile in einer Halle geplant, die aufgrund von Arbeiten an den Filtern mindestens 10 m (rd. 6 m Filterhöhe und 4 m Höhe zur Wartung) hoch sein und über eine Hubeinrichtung an der Decke verfügen sollte. Die Hallenkonstruktion soll ferner verhindern, dass die Rohrleitungen und Filter bei Frostgefahr nicht einfrieren und beschädigt werden.

Als möglicher Standort für den Neubau einer 4. Reinigungsstufe, steht eine rd. 1.100 m<sup>2</sup> große Freifläche, östlich des Betriebsgebäudes und nördlich des Anaerob- und Vorklärbeckens zur Verfügung. Die auf der KA Schwalmtal-Amern zur Verfügung stehende Fläche liegt im Landschaftsschutzgebiet.

In Absprache mit der Bezirksregierung Düsseldorf erfolgt die Auslegung der verschiedenen Anlagenkonzepte im Rahmen dieser Studie auf 100 l/s bzw. 360 m<sup>3</sup>/h. Mit der Auslegungswassermenge können nahezu 86 % der Jahresabwassermenge (1.225.013 m<sup>3</sup>; Stand: 2017) behandelt werden.

### 3.1 VARIANTE 1 (OZONUNG MIT BIOL. AKTIVKOHLEFILTER)

Die Ozonungsanlage wird zweistraßig konzipiert, um im Bedarfsfall (bspw. bei geringem Durchfluss in der Nacht), einen Teil der Anlage außer Betrieb nehmen zu können. Die beiden Ozonreaktoren (Kontaktbecken) werden durch ein Pumpwerk direkt vom Ablauf der Sandfilters beschickt. Nach der Reaktion mit Ozon im Kontaktreaktor fließt das Abwasser zum biol. Aktivkohlefilter (BAK), der biologischen Nachbehandlung, bevor das Abwasser in den Kranenbach eingeleitet wird. Diese biologische Nachbehandlung wird derzeit als erforderlich erachtet, da bei der Reaktion des Abwassers mit Ozon, z. T. schädliche Transformationsprodukte gebildet werden können.

Abbildung 3-1 zeigt die Verfahrensstufe bei Integration in den Kläranlagenablauf der KA Schwalmtal-Amern.

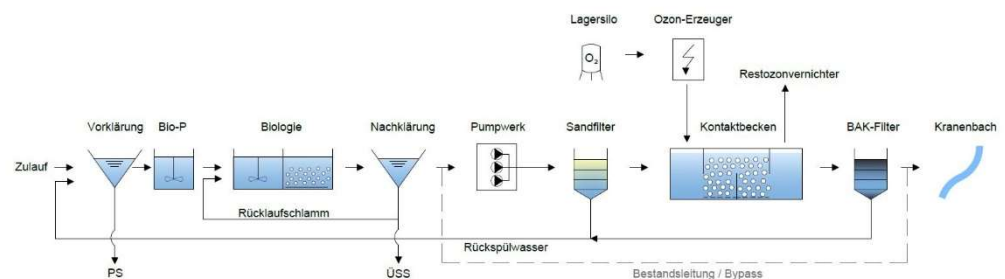


Abbildung 3-1: Fließschema Variante 1 - Ozonung mit biol. Aktivkohlefilter

### 3.2 VARIANTE 2 (OZONUNG OHNE BIOL. NACHBEHANDLUNG)

In Anlehnung an Variante 1 soll in Variante 2 eine Ozonung des Abwassers ohne biologische Nachbehandlung des Abwassers verfolgt werden. Entsprechend des erarbeiteten Anlagenkonzeptes wird hier auf die biologische Nachbehandlung des Abwassersstroms verzichtet. Dies setzt voraus, dass vor einer tatsächlichen Realisierung eines solchen Anlagentyps, das Vorliegen von schädlichen Transformationsprodukten zum jetzigen Zeitpunkt sowie in Zukunft ausgeschlossen werden kann. Der Verzicht auf die in Variante 1 beschriebene biologische Nachbehandlung wirkt sich insbesondere auf die durchgeführte Kostenschätzung aus. Abbildung 3-2 visualisiert die Anordnung im Anlagenbetrieb auf der ZKA.

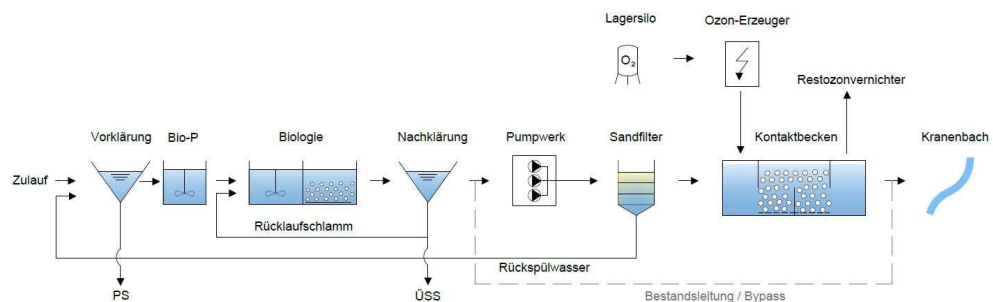


Abbildung 3-2: Fließschema Variante 2 - Ozonung ohne biol. Nachbehandlung

### 3.3 VARIANTE 3 (PAK-KONTAKT UND ABSETZBECKEN, INKL. TUCHFILTRATION)

Das gereinigte Abwasser wird aus dem Nachklärbecken über das Trennbauwerk und das Pumpwerk in einen Kontaktreaktor geleitet, in welchen die Pulveraktivkohle (PAK) zudosiert wird. Hier findet der Adsorptionsprozess an der großen inneren Oberfläche der Aktivkohle statt. Im Kontaktbecken sind Rührwerke angeordnet, die die pulverisierte Aktivkohle mit dem Abwasserstrom durchmischen. Es empfiehlt sich ebenfalls den Kontaktreaktor in zwei Bereiche bzw. Kammern zu unterteilen, in dem jeweils ein Rührwerk platziert wird. Die Dosierung der PAK sollte flexibel erfolgen, damit die Menge kontinuierlich an den Zulauf der 4. Reinigungsstufe angepasst werden kann, was einen entscheidenden Einfluss auf die Betriebskosten hat. Für die Eintragung der PAK wird ein Dosiersystem mit einer Wasserstrahlpumpe vorgesehen. Dem Kontaktbecken ist ein Sedimentationsbecken nachgeschaltet, das der Abscheidung der beladenen Aktivkohle dient. Zwischen dem Absetzbecken und dem Kontaktbecken wird die PAK zirkuliert, um deren Adsorptionskapazität vollständig auszunutzen. Eine Rückführung der PAK in die Biologie ist ebenfalls möglich, führt jedoch dazu, dass die Schlämme der ZKA dann nicht mehr der landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt werden dürfen. Für diese Variante wird deshalb nur eine Rezirkulation zwischen Kontakt- und Absetzbecken vorgesehen. Die beladene PAK muss entsorgt bzw. verwertet werden. Da ein Sedimentationsbecken nicht zur vollständigen Abscheidung der PAK ausreicht, wird dahinter eine (Tuch-)Filtrationsstufe angeordnet, welche insgesamt aus drei Filtereinheiten besteht. Die dabei gefilterte Aktivkohle wird ebenfalls in den Kontaktreaktor zurückgeführt. Den Ablauf eines möglichen Pulveraktivkohle-Einsatzes, auf der Kläranlage Schwalmtal-Amern, veranschaulicht Abbildung 3-3.

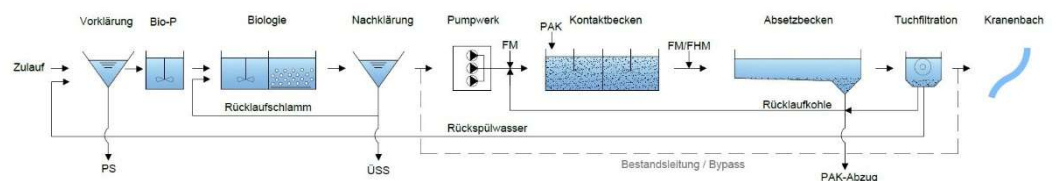


Abbildung 3-3: Fließschema Variante 3 - Pulveraktivkohle

### 3.4 VARIANTE 4 (GAK-FILTRATION)

Das Filterbett der GAK-Filtrationsstufe bildet granuliert Aktivkohle. Die GAK-Filtrationsstufe wird unmittelbar hinter dem Sandfilter angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass durch den Sandfilter ein hoher Teil von organischen Stoffen zurückgehalten und somit die Standzeit der Aktivkohle verlängert werden kann. In Abhängigkeit der Standzeit erfolgt die Beladung der Aktivkohle mit organischem Material. Eine lange Standzeit setzt also eine möglichst geringe Restverschmutzung des Abwassers voraus, da die Beladung der GAK verzögert wird. Abbildung 3-4 zeigt die Systemkomponenten dieser Variante bei Anordnung in den Kläranlagenablauf.

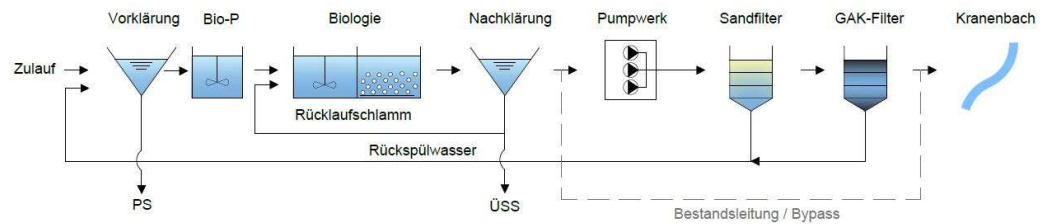


Abbildung 3-4: Fließschema Variante 4 – GAK-Filtration

### 3.5 KOSTENSCHÄTZUNG

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde eine Kostenschätzung einer vierten Reinigungsstufe auf der KA Schwalmtal-Amern vorgenommen. Die Kosten können in der Studie größtenteils nur angenommen werden, da keine weitreichenden Planungsgrundlagen (Baugrundgutachten, Statik usw.) vorliegen. Die Jahreskosten berechnen sich unter Berücksichtigung der Vorgaben der Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und setzen sich aus Kapitalkosten und Betriebskosten (inkl. der Verbrauchsgebundenen Kosten) zusammen.

Die Investitionskosten berücksichtigen die Bautechnik, die Maschinenteknik, die Elektrotechnik sowie erforderliche Planungskosten (bspw. Honorare, Genehmigungskosten etc.). Die Betriebskosten dagegen enthalten die jährlichen Unterhaltungskosten der Anlage, wie z.B. Kosten für elektrische Energie, Wartung und Instandhaltung, Personal aber auch Betriebsmaterial (Sauerstoff, Pulveraktivkohle, Granulierte Aktivkohle, Fällmittel, Flockungshilfsmittel etc.). Aufgrund des weltweit steigenden Aktivkohlebedarfs ist es realistisch, dass der Preis für Aktivkohle in Zukunft zunimmt. Dieses Szenario wurde anhand von leicht erhöhten Aktivkohlenpreisen einkalkuliert.

Einen großen Einfluss weisen die jährlichen Betriebskosten auf, die im Vorfeld nur abgeschätzt bzw. angenommen werden konnten. Dies hat zur Folge, dass sich die Betriebskosten je nach den sich einstellenden Abwassereigenschaften nach oben oder unten korrigiert werden müssen. Es ist wahrscheinlich, dass aufgrund der vorgesehenen Sandfiltration die Ozondosis reduziert werden kann und die Standzeiten der BAK (biologische Aktivkohle) und GAK (Granulierte Aktivkohle) deutlich höher liegen. Da zu erwarten ist, dass sich die Gebühren für die Abwassergabe der Kläranlage Schwalmtal-Amern reduziert, wurde dieser Aspekt in Höhe von 10.000 € in den Betriebskosten berücksichtigt.

Grundsätzlich werden Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Abwasserbeseitigung durch das Land Nordrhein-Westfalen mit 70 % (der

zuwendungsfähigen Ausgaben in den Antragsjahren 2017, 2018 und 2019) und danach im Rahmen der Förderrichtlinie bis 2022 mit bis zu 50 % gefördert. Die Betriebskosten werden nicht gefördert. Eine Förderung solcher Maßnahmen ist nur möglich, solange etwaige Fördermittel zur Verfügung stehen. Ein Anspruch auf Gewährung von Zuwendungen besteht nicht. Bei der dargestellten Kostenabschätzung (siehe Tabelle 3-1) wurden keine Fördergelder des Landes NRW in Betracht gezogen. Die spezifischen Kosten pro m<sup>3</sup> Abwasser wurden anhand der Jahresabwassermenge (JAM) von 1.225.013 m<sup>3</sup> berechnet.

Tabelle 3-1: Kostenschätzung der einzelnen Varianten ohne Förderung

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Investitions- kosten	rd. 3,4 Mio. €	rd. 2,5 Mio. €	rd. 3 Mio. €	rd. 2,3 Mio. €
	3,2 – 3,6 Mio. €	2,3 – 2,7 Mio. €	2,8 – 3,2 Mio. €	2,1 – 2,5 Mio. €
Kapitalkosten pro Jahr	239.000 €	177.000 €	189.000 €	156.000 €
Betriebskosten pro Jahr	139.000 €	95.000 €	141.000 €	166.000 €
Laufende Jahreskosten	378.000 €	272.000 €	330.000 €	322.000 €
<b>Spez. Kosten</b>	<b>rd. 0,31 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,22 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,27 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,26 €/m<sup>3</sup></b>

Variante 1 zeigt aufgrund des kombinierten Einsatzes von Ozonung und Aktivkohle die höchsten Jahreskosten. Variante 2 lässt die größten wirtschaftlichen Vorteile vermuten, jedoch wird in dieser Variante auf eine Nachbehandlung, also eine weitere Verfahrensstufe, verzichtet. Ebenfalls muss bedacht werden, dass Variante 3 keine Kosten für eine vorgeschaltete Sandfiltration beinhaltet und somit einen Kostenvorteil gegenüber den anderen Varianten vermuten lässt. Die Berücksichtigung einer vorgeschalteten Sandfiltration würde die Investitionskosten der Variante 3 um rd. 300.000 € erhöhen und somit als die teuerste Variante in diesem Vergleich resultieren. Geht man davon aus, dass eine solche Anlage in Höhe von 70 % der zuwendungsfähigen Kosten bezuschusst wird, ergeben sich in etwa vergleichbare spezifische Kosten (€/m<sup>3</sup>) für die verschiedenen Varianten.

Tabelle 3-2: Kostenschätzung der einzelnen Varianten mit einer Förderung (70 %)

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Investitionskosten	1.026.000 €	766.000 €	914.000 €	676.000 €
Kapitalkosten pro Jahr	72.000 €	55.000 €	60.000 €	50.000 €
Betriebskosten pro Jahr	139.000 €	95.000 €	141.000 €	166.000 €
Laufende Jahreskosten	211.000 €	150.000 €	201.000 €	216.000 €
<b>Spez. Kosten</b>	<b>rd. 0,17 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,12 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,17 €/m<sup>3</sup></b>	<b>rd. 0,17 €/m<sup>3</sup></b>

## 4 NUTZWERTANALYSE

Im Vergleich zur Kostenschätzung erfolgt in diesem Kapitel eine Nutzwertanalyse der erarbeiteten Varianten. Die Nutzwertanalyse (vgl. Tabelle 4-1) soll die einzelnen Varianten rundum betrachten (insbesondere auch die nichtmonetären Aspekte) und als Entscheidungshilfe für die Verfahrensempfehlung dienen. In Absprache mit den Schwalmtalwerken wurde die Gewichtung der einzelnen Randbedingungen festgelegt.

### **Kapitalkosten:**

Die Kapitalkosten gehen mit 15 % in die Bewertung ein. Dieser Einfluss beschreibt die Kosten, die der Kläranlage für die Beschaffung von Fremd- und Eigenkapital entstehen, welches für den Bau einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination erforderlich wird.

### **Betriebskosten:**

Die anfallenden Betriebskosten wurden zu 35 % gewichtet und können sich, in Abhängigkeit des Anlagenbetriebs von den kalkulierten Kosten abheben.

### **Betriebssicherheit:**

Die Betriebssicherheit der einzelnen Verfahren berücksichtigt die Risiken beim Ausfall der Anlage und wurde mit 10 % gewertet. Wesentlich für die Betriebssicherheit ist der Automatisierungsgrad (z. T. auch Anlagenredundanz) und Aufrechterhaltung der Mikroschadstoffelimination.

### **Erprobungsgrad der Technik:**

Einen nicht so großen Einfluss trägt der Erprobungsgrad der Technik mit 5 % in der Gesamtwertung. Die betrachteten Verfahren der Ozonung, Pulveraktivkohle und granuliert Aktivkohle haben sich in diversen Pilot- und Großanlagen zur Mikroschadstoffelimination bewiesen.

### **Flächenverbrauch:**

Angesichts der Tatsache, dass es auf Betriebsgelände der KA Schwalmtal-Amern keine problematischen Platzverhältnisse herrschen, wurde der Flächenverbrauch durch eine 4. Reinigungsstufe mit 5 % gewertet.

### **Komplexität der Anlage im Betrieb:**

Die Komplexität einer 4. Reinigungsstufe im Betrieb beschreibt die Transparenz der Prozesse im Anlagenbetrieb. Je höher die Komplexität der Anlage, desto größer ist das Maß an Fachwissen, welches für den Betreiber erforderlich wird. Die Komplexität der Anlage im Betrieb wird mit 10 % berücksichtigt.

**Effektivität des Einsatzes:**

Die Effektivität des Einsatzes zur Mikroschadstoffentfernung wird mit 20 % verhältnismäßig hoch eingestuft. In dem Leitfaden des Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW (5) wird ein Eliminationsgrad der Indikatorsubstanzen von  $\geq 80$  % gefordert. Die nichtmonetären Aspekte sowie die wirtschaftlichen Aufwendungen gehen mit einer Gewichtung von jeweils 50 % in die Bewertung ein. Beim Variantenvergleich wurden die o. g. Aspekte von 0 bis 5 bewertet, wobei 0 das Verfehlen der Zielerreichung des entsprechenden Aspektes beschreibt und 5 dessen Erfüllung festsetzt.

Tabelle 4-1: Nutzwertanalyse / Variantenvergleich

	Wich- tung	Variante 1 Ozon mit biol. Aktiv- kohlefilter			Variante 2 Ozon ohne biol. Nachbehandlung			Variante 3 PAK mit Kontakt-, Ab- setzb. u. Filtr.			Variante 4 GAK-Filtration		
		Kosten	Punkte	Wertung	Kosten	Punkte	Wertung	Kosten	Punkte	Wertung	Kosten	Punkte	Wertung
Investitionskosten		rd. 3,4 Mio. €			rd. 2,5 Mio. €			rd. 3 Mio. €			rd. 2,3 Mio. €		
Kapitalkosten €/a	15%	239.000	2	0,30	177.000	4	0,6	189.000	3	0,45	156.000	5	0,75
Betriebskosten €/a	35%	139.000	4	1,40	95.000	5	1,75	141.000	3	1,05	166.000	2	0,70
Betriebssicherheit	10%	erprobt	5	0,5	erprobt	5	0,5	erprobt	5	0,5	erprobt	5	0,50
Erprobungsgrad der Technik (Referenzanlagen)	5%	gut	4	0,20	keine	0	0	sehr gut	5	0,25	gut	4	0,20
Flächenverbrauch	5%	gut	4	0,20	gut	4	0,2	hoch	2	0,10	mittel	3	0,15
Komplexität der Anlage im Betrieb	10%	sehr gut	5	0,50	gut	4	0,4	mittel	3	0,30	gut	4	0,4
Effektivität des Einsatzes	20%	sehr gut	5	1,0	mittel	3	0,6	gut	4	0,80	gut	4	0,8
<b>Summe</b>	<b>100%</b>	<b>4,10</b>			<b>4,05</b>			<b>3,45</b>			<b>3,70</b>		
Jahreskosten gesamt	€	rd. 378.000 €			rd. 272.000 €			rd. 330.000 €			rd. 322.000 €		
Spez. Jahreskosten je m <sup>3</sup> Abwasser	€/m <sup>3</sup> a	rd. 0,31			rd. 0,22			rd. 0,28			rd. 0,27		

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist, dass sich für Variante 1 den besten Nutzwert, knapp gefolgt von Variante 2 und für Variante 3 den schlechtesten Nutzwert ergibt. Variante 4 zeigt einen mittleren Nutzwert. Bei der Nutzwertanalyse muss berücksichtigt werden, dass bei allen Varianten, ausgenommen Variante 3, eine vorgeschaltete Sandfiltration eingeplant wurde und diese Varianten dadurch mit höheren Kosten behaftet sind.

Mit Variante 1 ist aufgrund einer Kombination aus Ozonung und Aktivkohle die beste Reinigungsleistung zu erwarten, was im Vergleich zu den anderen Varianten mit höheren Investitionskosten verbunden ist, allerdings mit vergleichbaren Betriebskosten betrieben werden kann.

## 5 VERFAHRENSEMPFEHLUNG

Prinzipiell können alle erarbeiteten Varianten auf der Kläranlage Schwalmtal-Amern umgesetzt werden. Die Verfahrensempfehlung erfolgt auf Grundlage der Kostenschätzung sowie der durchgeführten Nutzwertanalyse. Infolge der Unsicherheit zur Bildung möglicher (kritischer) Transformationsprodukte kann Variante 2 zum derzeitigen Zeitpunkt nicht berücksichtigt werden.

Die resultierende Eliminationsrate bzw. die Menge von Betriebsstoffen oder Standzeit der Aktivkohle ist im Wesentlichen abhängig von der Abwasserzusammensetzung vor Ort. Um eine genaue Auslegung einer 4. Reinigungsstufe (insbesondere der Dosierstoffe- sowie mengen) zu garantieren, ist es unverzichtbar, innerhalb von Vorversuchen die Eliminierbarkeit von Mikroschadstoffen auf der Kläranlage in Schwalmtal-Amern zu erfahren.

Darüber hinaus sei gesagt, dass für die Planung einer 4. Reinigungsstufe keine verbindlichen Bemessungsstandards existieren, auf die zurückgegriffen werden kann. Planer müssen sich gegenwärtig auf die Erfahrungswerte von Pilotanlagen beziehen, die teilweise deutlich voneinander abweichen können. Hier macht sich der fehlende Erfahrungsschatz aller beteiligten Akteure der Abwasserreinigung bemerkbar. Dazu kommt, dass bis dato keine Grenz- und Überwachungswerte für Mikroschadstoffe bestehen.

Beim Vergleich der verschiedenen Varianten ist jederzeit zu reflektieren, ob die gewählten technischen Maßnahmen zur Mikroschadstoffelimination den Nachhaltigkeitsprinzipien entsprechen. In einer Studie des Umweltbundesamtes (6): „Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer“ wird gefordert, das effizienteste und ressourcenschonendste Verfahren zu wählen. Der Einfluss der abgeschätzten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde in der Nutzwertanalyse nicht berücksichtigt, sollte jedoch bei weiteren Planungen Einfluss nehmen.

Das Ergebnis der in der Machbarkeitsstudie aufgestellten Nutzwertanalyse ist, dass sich Variante 1 (Ozonung mit biologischer Nachbehandlung) als das am meisten geeignete Verfahren zur Integration auf der KA Schwalmtal-Amern empfiehlt. Die Reinigungsleistung durch die Kombination von Ozon und Aktivkohle ist als relativ hoch einzuschätzen. Durch die vorgeschaltete Sandfiltration ist ebenfalls eine Steigerung der Ozoneffizienz sowie Standzeit der Aktivkohle zu erwarten. Zusätzlich wirkt sich eine Ozonung positiv auf die Desinfektion und Entfärbung des Abwassers aus. Da auf der Kläranlage keine nicht genutzten Anlagenteile zur Verfügung stehen, die für eine 4. Reinigungsstufe genutzt werden können, sind alle Varianten mit einem hohen bautechnischen Aufwand verbunden.



## 6 ZUSAMMENFASSUNG/FAZIT

In der Studie wurde die Notwendigkeit und Machbarkeit einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination auf der KA Schwalmtal-Amern untersucht. Prinzipiell lassen die Untersuchungsergebnisse auf ein konstantes Vorliegen von Mikroschadstoffen im Kläranlagenablauf und im Kranenbach (unterhalb der Kläranlage) von den ausgewählten Parametern schließen, so dass für die Kläranlage Schwalmtal-Amern eine Anlage zur Mikroschadstoffelimination zu empfehlen ist. Die in der Studie erarbeiteten Varianten sowie angenommenen Kosten reflektieren keinesfalls die Beschaffenheit einer Entwurfsplanung.

Aufgrund des in Teilen noch nicht umfassend erforschten Wissensstands zur Mikroschadstoffelimination sollte bei der Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe das aktuelle Knowhow einbezogen werden, da durch die Vielzahl der Akteure ständig umfangreichere und neuere Beobachtungen vorliegen, bei der auch die ganzheitliche Kläranlagenbetrachtung einbezogen wird. Die gemessenen Mikroschadstoffkonzentrationen sollten durch ein mehrmonatiges Messprogramm verifiziert werden.

Die im Zu- und Ablauf der Kläranlage Schwalmtal-Amern vorgefundenen Konzentrationen an Mikroschadstoffen sind ähnlich hoch wie die anderer Kläranlagen in Deutschland. In Zukunft sind die Erkenntnisse neuer Stoffe und die mögliche Wirksamkeit kombinierter Mikroschadstoffe grundlegend für die Entscheidungsfindung einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination.

In Absprache mit der Bezirksregierung Düsseldorf erfolgt die Auslegung der verschiedenen Anlagenkonzepte im Rahmen dieser Studie auf die Auslegungswassermenge:  $Q_{\text{Auslegung}} = 100 \text{ l/s}$  bzw.  $360 \text{ m}^3/\text{h}$ . Mit der Auslegungswassermenge können nahezu 86 % der JAM ( $1.225.013 \text{ m}^3$ ; Stand: 2017) behandelt werden.

In dieser Studie wurden insgesamt 4 Varianten aufgestellt, die den Einsatz von Ozon bzw. Aktivkohle (sowie die Kombination aus beiden Verfahren) zur weitergehenden Reinigung des Abwassers verfolgen. Zusätzlich wurde in allen Varianten (ausgenommen Variante 3) eine vorgeschaltete Sandfiltration berücksichtigt. Die Unterbringung aller Anlagenteile wurde oberirdisch in einer Halle vorgesehen. Die auf der KA Schwalmtal-Amern zur Verfügung stehende Fläche liegt im Landschaftsschutzgebiet.

Die Kläranlage würde mit einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination einen weiteren Betriebspunkt erhalten, der durch das Betriebspersonal der Kläranlage betreut und in Stand gehalten werden muss.

Nicht unwesentlich ist, dass Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Abwasserbeseitigung insbesondere Anlagen zur Mikroschadstoffelimination durch das Land Nordrhein-Westfalen mit bis zu 70 % (der zuwendungsfähigen

Ausgaben in den Antragsjahren 2017, 2018 und 2019) und danach im Rahmen der Förderrichtlinie bis 2022 mit bis zu 50 % gefördert werden. Eine Förderung solcher Maßnahmen ist nur möglich, solange etwaige Fördermittel zur Verfügung stehen. Eine Förderung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Kapitalkosten, die sich letztlich auch auf die spezifischen Jahreskosten auswirken.

Angesichts des demografischen Wandels ist mit einer Alterung unserer Gesellschaft und damit auch einem Anstieg des Medikamentenverbrauchs zu rechnen. Grundsätzlich sollte auch eine Sensibilisierung der Bevölkerung, hinsichtlich einem bewussteren Umgang sowie Entsorgung von Arzneimitteln etc. erfolgen. Angesichts der grundlegenden Mikroschadstoffproblematik kann es darüber hinaus sinnvoll sein, eine Vollstrombehandlung des Abwassers zu betrachten. In der Studie wurde eine Teilstrombehandlung des Abwassers betrachtet. Nichtsdestotrotz setzt die Einführung einer 4. Reinigungsstufe am Ende der Wirkungskette an und verhindert nicht den Eintrag von Mikroschadstoffen in Gewässer, sondern reduziert diesen allenfalls.

Eine Anlage zur Mikroschadstoffelimination ist in jedem Fall mit hohen energetischen Aufwendungen verbunden. Die Betrachtung der einzelnen Varianten hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigte, dass die Variante 1 und 2 mit dem geringsten Ausstoß von Treibhausgasen verbunden ist.

Für eine Anlage zur Mikroschadstoffelimination auf der Kläranlage Schwalmtal-Amern ist eine Umsetzung in Form von Variante 1 (Ozonung mit biologischer Nachbehandlung) aufgrund des größten Nutzwertes zu empfehlen.

Aufgestellt: Ra  
Aachen, im Juli 2018

Ingenieurbüro  
Achten und Jansen GmbH

*Verfasser:*  
*Johannes Rausch (B. Eng.)*

*Ingenieurbüro*  
*Achten und Jansen GmbH*  
*Charlottenburger Allee 11*  
*52068 Aachen*  
*Tel: 0241/96870-0*  
*Fax: 0241/96870-60*  
*E-Mail: johannes.rausch@achten-jansen.de*

## 7 REFERENZEN

1. **UBA.** *Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern - Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge.* Dessau-Roßlau : UBA-Positionspapier, 2015.
2. **ELWAS-WEB.** Elektronisches Wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW. [Online] 23. April 2018. <http://www.elwasweb.nrw.de/>.
3. **Kom.Z-NRW.** ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW. *Mikroschadstoffentfernung machbar?* [Online] 20. 10 2015. [Zitat vom: 12. 04 2018.] <https://www.masterplan-wasser.nrw.de/das-kompetenzzentrum/>.
4. **OGewV.** Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer - § 2, S. 3. *Ausfertigungsdatum: 20.06.2016.* 2016.
5. **Kom.Z-NRW.** ARGE Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW. *Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination.* [Online] 01. 09 2016. [Zitat vom: 15. 05 2018.] <https://www.masterplan-wasser.nrw.de/das-kompetenzzentrum/>.
6. **Hillenbrand, Thomas, et al.** *Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer.* Dessau-Roßlau : Umweltundesamt, 2015. S. 158.
7. **TIM-online.** TIM-online Anwendung. *Land NRW 2017.* [Online] 2018. <https://www.tim-online.nrw.de>.