

Gemeinde Rosendahl


Machbarkeitsstudie (Kurzfassung)

Möglichkeiten der Elimination anthropogener Mikroschadstoffe in der Kläranlage Osterwick

Gefördert durch:

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



 **Ingenieurbüro
Rummler + Hartmann
GmbH**

Havixbeck, im Februar 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Projektkurzbeschreibung und Zielsetzung	1
2	Vorstellung der Kläranlage Osterwick	1
3	Bewertung des Gewässerzustandes des Varlarer Mühlenbachs.....	3
4	Gegenüberstellung der gängigen Verfahren zur Mikroschadstoffelimination	4
5	Planungs- und Bemessungsgrundlagen	7
6	Vorstellung und Bewertung der Verfahrensmöglichkeiten	10
7	Verfahrensempfehlung.....	13
8	Zusammenfassung.....	14

1 Projektkurzbeschreibung und Zielsetzung

Zur Behandlung, Reduktion und Elimination von Mikroschadstoffen werden in der Literatur mehrere mögliche weitergehende Abwasserreinigungsstufen aufgeführt, welche zum Teil mit Erfolg getestet wurden und bereits in einigen kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden. Hierbei erwiesen sich die Ozonung und die Adsorption mittels Aktivkohle als die sinnvollsten und wirtschaftlichsten Verfahren. Ungeachtet dessen wurden im Laufe der Machbarkeitsstudie alternative und kombinierte Verfahren vorgestellt und beurteilt.

Ziel dieser Studie ist es, anhand von Mikroschadstoffanalysen den Durchgang der Mikroschadstoffe durch die Kläranlage Osterwick, sowie die damit einhergehende Gewässerbelastung des Varlarer Mühlenbachs zu beurteilen. Des Weiteren ist zu untersuchen, wie die Stoffe am effektivsten eliminiert und reduziert werden können. Hierfür wird anhand der Abwasserproben eine Bewertung der Reinigungsleistung durchgeführt und auf Grundlage diverser Studien zum Thema „Mikroschadstoffelimination“ ein für die Kläranlage Osterwick maßgeschneidertes Konzept zur Behandlung der Mikroschadstoffe ausgearbeitet.

2 Vorstellung der Kläranlage Osterwick

Die Kläranlage Osterwick ist eine kommunale, einstufig betriebene, Abwasserreinigungsanlage. Sie wurde im Jahr 1966 in Betrieb genommen und hat derzeit eine Ausbaugröße von 13.000 EW. Die aktuell an die Kläranlage angeschlossene Einwohnerzahl beläuft sich auf 6.411 E. Hinzu kommen prognostizierte 160 Einwohner aus einem geplanten Baugebiet. Zuletzt kommt es durch Spitzenbelastung infolge der Firma Lulf von zusätzlich maximal 4.492 EGW (im Mittel 1.589 EGW), wodurch sich die aktuelle Gesamtbelastung der Kläranlage Osterwick auf maximal 10.903 EW beläuft.

Im Wesentlichen besteht die Kläranlage aus den in Abbildung 2.1 ersichtlichen und im Folgenden aufgelisteten Anlagenkomponenten:

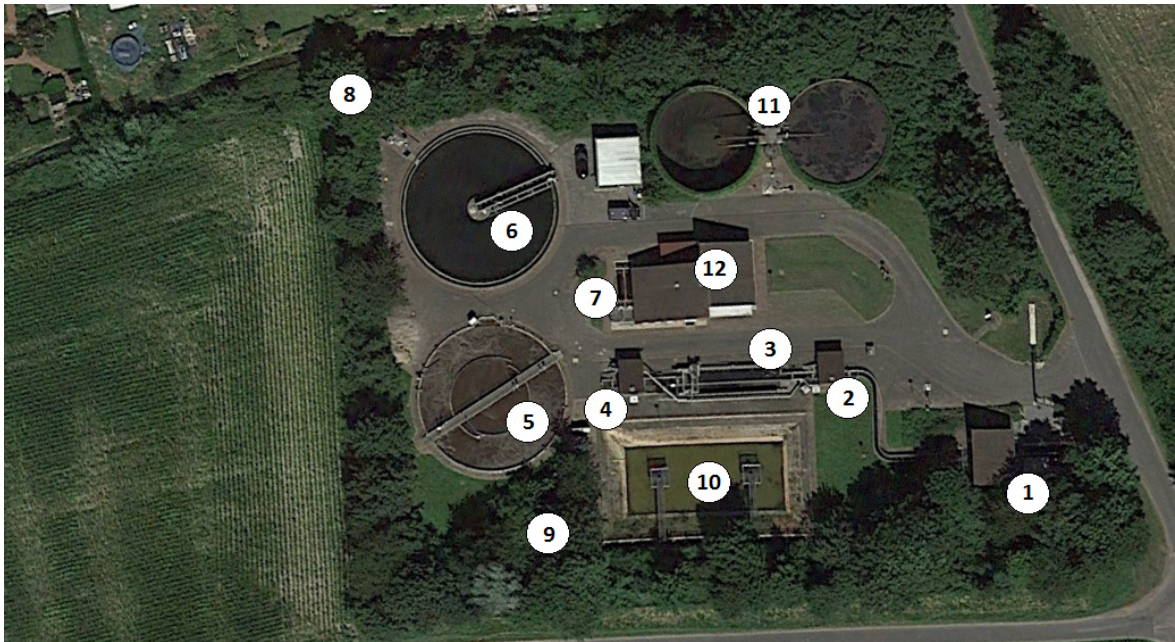


Abbildung 2.1: Luftbild der Kläranlage (verändert und ergänzt nach Google, 2017)

1. Abwasserhebewerk
2. Stufenrechen
3. Sand- und Fettfang
4. Sandwäscher
5. Belebungsbecken, $V = 1.580 \text{ m}^3$
6. Nachklärbecken, $V = 1.520 \text{ m}^3$
7. Rücklaufschlammumpwerk
8. Ablauf Kläranlage in Varlarer Mühlenbach
9. Voreindicker (außer Betrieb), $V = 83 \text{ m}^3$
10. Havariebecken, $V = 720 \text{ m}^3$
11. Schlammsilo 1 und 2, $V = 2 \cdot 1.200 \text{ m}^3$
12. Betriebsgebäude

Der Zulauf der Kläranlage führt in das Abwasserhebewerk, in dem das Wasser zunächst angehoben wird, um die Kläranlage im weiteren Verlauf im freien Gefälle zu durchfließen. Es folgt die mechanische Reinigung, angefangen mit dem Stufenrechen. Diesem ist der Sand- und Fettfang nachgeschaltet, in dem das Abwasser von den wesentlichen Sand- und Fettfrachten befreit wird.

Nach der mechanischen Reinigung wird das Abwasser in das Belebungsbecken geleitet, womit die biologische Abwasserreinigung beginnt. Diesem ist ein Nachklärbecken nachgeschaltet, das mit dem Belebungsbecken über die stetige Rückführung des Rücklaufschlammes die biologische Abwasserreinigung bildet. Der Ablauf der Nachklärbecken ist gleichzeitig der Ablauf der aktuellen Abwasserreinigungsstufen der Kläranlage Osterwick.

Das Einzugsgebiet der Kläranlage Osterwick teilt sich wie folgt auf:

- Trennsystem etwa 116 ha
- Mischsystem etwa 136 ha

Die Konzentrationen der wichtigsten Parameter im Ablauf der Kläranlage Osterwick werden in Tabelle 2.1 aufgeführt. Die ermittelten Daten ergeben sich aus den gesamten Daten im Zeitraum zwischen Februar 2012 bis einschließlich Januar 2016.

Tabelle 2.1: Konzentrationen im Ablauf der Kläranlage

Parameter	Einheit	Konzentration
Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	mg/l	29,00
Phosphorgehalt P_{Ges}	mg/l	0,53
Stickstoffgehalt N_{Ges}	mg/l	8,20
Nitrit-Stickstoffgehalt NO_2-N	mg/l	0,18

3 Bewertung des Gewässerzustandes des Varlarer Mühlenbachs

Der Varlarer Mühlenbach hat eine Länge von 7.288 m, mit einem Einzugsgebiet von 14,65km² (ELWAS-WEB, 2016). Im Jahr 2014 entsprach der mittlere Abwasseranteil auf Höhe der Einleitungsstelle der Kläranlage Osterwick im Varlarer Mühlenbach 48,2 % (bezogen auf den mittleren Abfluss MQ). Bezogen auf den mittleren Niedrigwasserabfluss (MNQ) lag der Abwasseranteil bei 405,6 %.

Der Gewässerzustand ist der Varlarer Mühlenbach der Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2 zu entnehmen. Demzufolge befindet sich die Varlarer Mühlenbach in einem nicht guten chemischen und einem unbefriedigenden ökologischen Zustand.



Abbildung 3.1: Chemischer Zustand der Varlarer Mühlenbach (ELWAS-WEB, 2016)



Abbildung 3.2: Ökologischer Zustand der Varlarer Mühlenbach (ELWAS-WEB, 2016)

Es ist anzunehmen, dass der hohe Abwasseranteil im Varlarer Mühlenbach mit verantwortlich für den aktuellen Zustand des Gewässers ist. Neben dem Eintrag aus der Kläranlage Osterwick kann der Gewässerzustand ebenso auf die Folgen diffuser Einträge zurückgeführt werden, beispielsweise aus der Landwirtschaft oder aus Straßenabläufen.

Gemäß Wasserrahmenrichtlinie sollen in Zukunft alle Oberflächengewässer einen guten chemischen, sowie ökologischen Zustand erreichen. Die ungenügende Elimination von Mikroschadstoffen in Kläranlagen kann dazu führen, dass zukünftig die Einleitungserlaubnis nicht verlängert wird und somit die Kläranlagenbetreiber dazu gedrängt werden, eine weitergehende Reinigungsstufe zu integrieren, um eine geringere Belastung der Gewässer zu gewährleisten.

4 Gegenüberstellung der gängigen Verfahren zur Mikroschadstoffelimination

Für die weitergehende Abwasserreinigung wurden in der Vergangenheit mehrere Verfahren klein- und großtechnisch getestet und bewertet. Unterscheiden lassen sich die Verfahren in der Art ihrer Behandlung von Mikroschadstoffen.

Um die gängigen Verfahren übersichtlich vergleichen zu können, werden deren spezifischen Vor- und Nachteile in Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 gegenübergestellt.

Wie die einzelnen Vor- und Nachteile gewichtet werden, liegt im Sinne des Betrachters. Die Anzahl der spezifischen Vor- oder Nachteile sollte nicht als Anhaltspunkt für ein Urteil über die einzelnen Verfahren dienen. Die wesentlichen Faktoren sind die zu erwartende Eliminationsleistung hinsichtlich von Mikroschadstoffen und die entstehenden Investitions- und Jahreskosten.

Tabelle 4.1: Vorteile der Ozonung, der GAK- und PAK-Adsorption

Vorteile		
Ozonung	GAK-Adsorption	PAK-Adsorption
<ul style="list-style-type: none"> • Breitbandwirkung und gute Eliminationsleistung bei bestimmten Mikroschadstoffen • Desinfektionswirkung • Vergleichsweise geringe Betriebskosten, sofern kein kostenintensives Verfahren nachgeschaltet ist • Steigerung des BSB₅ bei gleichbleibendem CSB • Geschwindigkeit der Reaktion und Anteil der Oxidation eines Mikroschadstoffes über Ozon und Hydroxylradikale ist bekannt • Unkompliziertes Verfahren • Eine Ozonungsstufe kann einfach in bestehende Anlagen integriert werden • Dosierung lässt sich leicht bis zur maximalen Dosieranlagenleistung anpassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaum Metabolitenbildung (einzig durch Abbauprodukte der Biologie) • Geringer Platzbedarf • Phosphatelimination und Breitbandwirkung • Zusätzliche AFS-Reduktion • Zusätzliche CSB-Reduktion • Zusätzliche DOC-Reduktion • Entfernung der Mikroschadstoffe aus dem Abwasserstrom • Verbesserung der hygienischen Beschaffenheit des Kläranlagenablaufes • Zusätzliche Reinigung durch Biologie im Filterbett • Vorhandene Sandfilterbecken können zur GAK-Adsorption umfunktioniert werden • Regeneration der GAK möglich • Keine nachgeschalteten Verfahren nötig • Einfache Anlagentechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Metabolitenbildung • Deutlich weniger Kohlemengen als bei GAK-Adsorption nötig • Energieverbrauch ist gering • Phosphatelimination und Breitbandwirkung • Zusätzliche AFS-Reduktion • Zusätzliche CSB-Reduktion • Zusätzliche DOC-Reduktion • Entfernung der Mikroschadstoffe aus dem Abwasserstrom • Verbesserung der hygienischen Beschaffenheit des Kläranlagenablaufes • Förderliche Wirkung der Überschussskohle hinsichtlich der Schlammbehandlung und Schlammmentwässerung • Positive Wirkung auf den Heizwert des Klärschlammes • Verringerung des Schlammvolumenindex • PAK kann vorgehalten und gezielt in Abhängigkeit der Schmutzfracht dem Abwasser zudosiert werden • Dosierung lässt sich leicht bis zur maximalen Dosieranlagenleistung anpassen • Keine besonderen Materialanforderungen an die maschinelle Ausrüstung • Einfache Anlagentechnik

Tabelle 4.2: Nachteile der Ozonung, der GAK- und PAK-Adsorption

Nachteile		
Ozonung	GAK-Adsorption	PAK-Adsorption
<ul style="list-style-type: none"> • Metabolitenbildung • Reaktionsprodukte und –mechanismen Großteils unbekannt (Toxizität) • Die sich ständig verändernde Zusammensetzung der Stoffe im Abwasser führt zu anderen Reaktionsprodukten → Künftige Reaktionsprodukte können unvorhersehbare Auswirkungen im Ablauf haben • Hoher Energieverbrauch und hohe Sicherheitsanforderungen bezüglich Arbeitsschutz • Hohe Betriebskosten • Kaum CSB-Reduktion, sofern keine Verfahren nachgeschaltet sind • Kaum DOC-Reduktion, sofern keine Verfahren nachgeschaltet sind • Hoher DOC führt zu höheren Ozonverbrauch • Hohe Anforderungen an die eingesetzten Materialien • Wartung der Anlagen benötigt spezialisiertes Personal oder Fremdfirmen • Bei bestimmten Inhaltsstoffen im belasteten Abwasser (z.B. Bromid) wird von der Anwendung der Ozonung abgeraten • Zusätzliche biologisch aktive Stufe wird angeraten, um Oxidationsprodukte abzubauen • Teilweise großer bautechnischer Aufwand und umfangreiche maschinentechnische Ausrüstung 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher DOC führt zur verminderten Adsorption von Mikroschadstoffen → Mehr Kohle wird benötigt • Sinkende Reinigungsleistung • Deutlich mehr Kohlemengen als bei der PAK-Adsorption nötig • Rücklösung und Auswaschung des unveränderten Mikroschadstoffes möglich • Sehr hohe Betriebsmittelkosten möglich • Falls keine bestehende Sandfiltration vorhanden → Zusätzliche Bauwerke erforderlich • Adsorptionsprozess ist langsamer im Vergleich zur Ozonung • Reinigungsleistung bestimmter Stoffe und Stoffgruppen sinkt sehr stark schon nach wenigen Bettvolumina 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher DOC führt zur verminderten Adsorption von Mikroschadstoffen → Mehr Kohle wird benötigt • Keine landwirtschaftliche Nutzung des ÜSS mehr möglich • Meist zusätzliche Bauwerke erforderlich • Rücklösung des unveränderten Mikroschadstoffes und Rückbelastung der Kläranlage über Aktivkohleschlamm möglich • Adsorptionsprozess ist langsamer im Vergleich zur Ozonung • Größere Klärschlammengen • Teilweise großer bautechnischer Aufwand und umfangreiche maschinentechnische Ausrüstung • Nachgeschaltete Filtration erforderlich • Nasse AK kann zum Teil korrosiv und abrasiv auf Anlagenbestandteile wirken • Hohe Betriebsmittelkosten • Regeneration der PAK derzeit nicht möglich

Allgemein wird davon ausgegangen, dass, unter bestimmten Bedingungen, alle drei Verfahren eine Eliminationsrate von über 80 % aufweisen. Diese kann, je nach Kläranlage und Auslegung einer vierten Reinigungsstufe, auch höher ausfallen.

5 Planungs- und Bemessungsgrundlagen

Es wird vorgeschlagen, die Verfahren für eine vierte Reinigungsstufe südöstlich auf dem Kläranlagengelände zu dimensionieren. Dies ist die derzeit einzige Fläche auf dem Kläranlagengrundstück, die sich in relativer Nähe zum Kläranlagenablauf befindet und derzeit nicht genutzt wird. Bei einer späteren Umsetzung der 4. Reinigungsstufe kann über einen Grunderwerb der westlich liegenden, landwirtschaftlich betriebenen Fläche nachgedacht werden. Ersichtlich ist die Fläche als rot markierte Fläche in Abbildung 5.1.

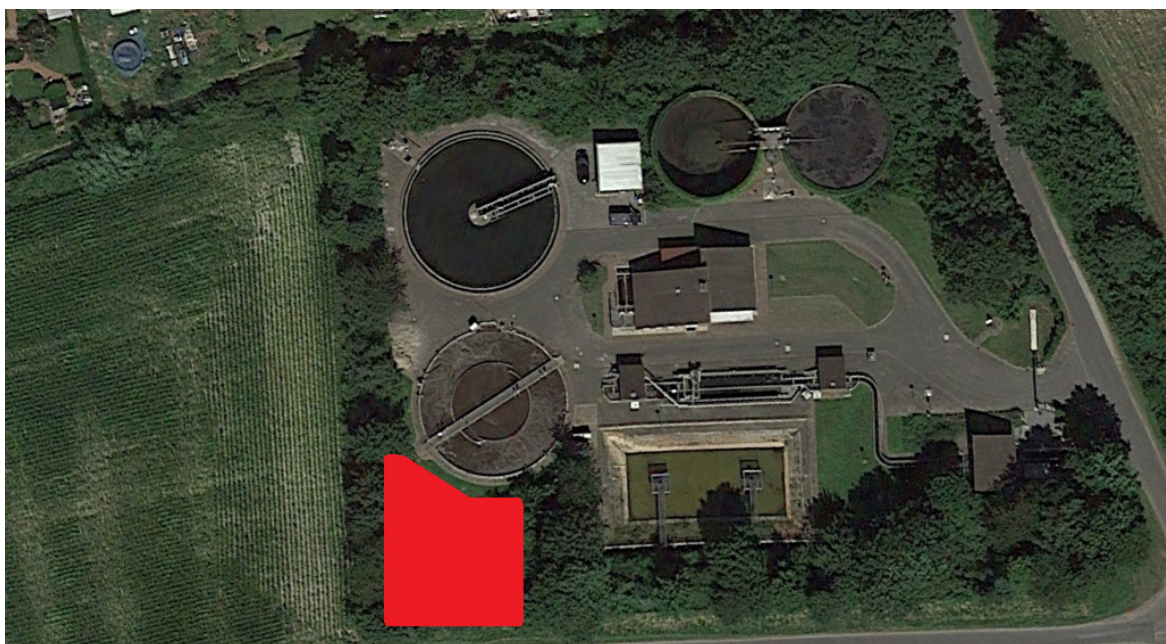


Abbildung 5.1: Ausgewählte Fläche für die vierte Reinigungsstufe auf der Kläranlage (verändert und ergänzt nach Google, 2017)

Eine gesetzliche Vorgabe zur Auslegung einer vierten Reinigungsstufe gibt es derzeit nicht. In Nordrhein-Westfalen kann hierfür die vom Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW 2016 überarbeitete Broschüre zur Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination herangezogen werden. Da die KA Osterwick aus Trenn- und Mischsystem besteht, sollte laut Empfehlung aus der Broschüre eine 4. Reinigungsstufe für die KA Osterwick mindestens 90 % der Jahresabwassermenge behandeln können (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, 2016). Zur Bestimmung der Auslegungswassermenge sollten hierbei die Abflussdaten mehrerer Jahre herangezogen werden. Die Datenerhebung mit dem aktuell eingesetzten System auf der Kläranlage beginnt im Februar 2012, weshalb die Daten von Februar 2012 bis einschließlich Januar 2016 bewertet wurden.

Werden die täglichen Ablaufmengen (Abbildung 5.2, blaue Balken) betrachtet, so ist zu erkennen, dass sie starken Schwankungen unterliegen. Würde die vierte Reinigungsstufe nach der durchschnittlichen Jahresschmutzwassermenge 2013 dimensioniert werden, so wäre die Reinigungsstufe nicht dazu in der Lage, ausreichend hydraulische Spitzenbelastungen behandeln zu können.

Für den Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde entschieden, eine tägliche Durchflussmenge von $4.790 \text{ m}^3/\text{d}$ zur weiteren Berechnung zu wählen, wodurch im Zeitraum zwischen Februar 2012 und Januar 2016 über 90 % des täglichen Ablaufs behandelt worden wären.

Abbildung 5.2 stellt die täglichen Ablaufmengen der Kläranlage Osterwick im gewählten Bemessungszeitraum dar. Der rote Strich entspricht dem täglichen Ablauf von $4.790 \text{ m}^3/\text{d}$. Es wird ersichtlich, dass die vierte Reinigungsstufe nicht kontinuierlich mit $4.790 \text{ m}^3/\text{d}$ beschickt wird. Deshalb wurde festgelegt, für die Betriebsmittelkostenrechnung einen Wert von $3.556 \text{ m}^3/\text{d}$ zu verwenden. Dieser Wert entspricht dem durchschnittlichen Abfluss unterhalb der in Abbildung 5.2 ersichtlichen roten Linie, also jedem Abfluss im Bemessungszeitraum $\leq 4.790 \text{ m}^3/\text{d}$.

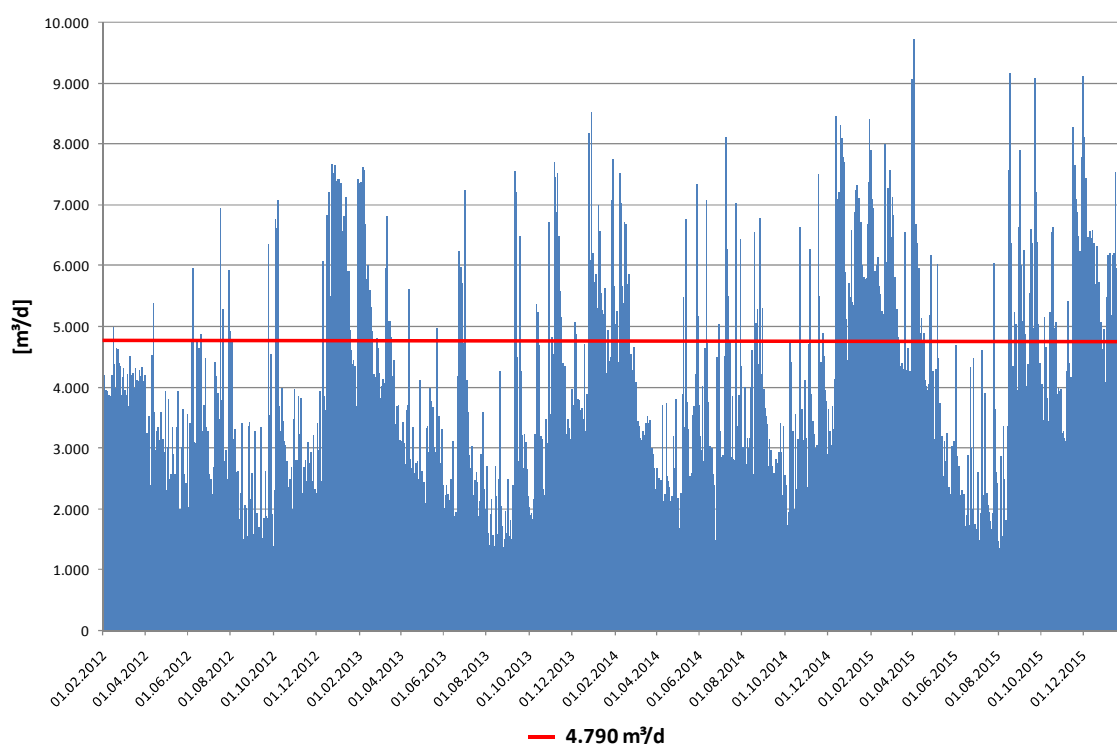


Abbildung 5.2: Ablaufmengen der Kläranlage im Zeitraum vom 01.02.2012 bis 31.01.2016

Gemäß der aktuellen Broschüre zur Auslegung von 4. Reinigungsstufen können für Nachbehandlungsverfahren andere Bemessungsansätze gelten, als für die Hauptverfahren (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, 2016). Es wird aus den folgenden Gründen als sinnvoll erachtet, die Nachbehandlungsverfahren aller in dieser Machbarkeitsstudie vorgeschlagenen Varianten zur Mikroschadstoffelimination für den Vollstrom auszulegen:

- Die Konzentrationen der allgemeinen Ablaufparameter von Kläranlagen (ACPs) stehen seit längerem in der Diskussion. Die Grenzwerte hierfür im Ablauf von Kläranlagen werden zukünftig verschärft. In welchem Rahmen ist noch nicht geklärt. Mit einer Nachbehandlung / Filtration für den Vollstrom ist davon auszugehen, dass zukünftige Grenzwerte zuverlässiger eingehalten werden können, als wenn

eine 4. Reinigungsstufe lediglich mit einer für den Teilstrom oder gar keiner Filtration ausgelegt wird. Wenn bereits darüber diskutiert wird, eine Kläranlage zu ertüchtigen, dann sollte sie auch dazu in der Lage sein, die künftigen Grenzwerte der allgemeinen Ablaufparameter einzuhalten.

- Das Thema "Mikroplastik in limnischen Ökosystemen" nimmt an Relevanz zu und wird aktuell intensiv erforscht. Da mittlerweile nachgewiesen wurde, dass Mikroplastik über Kläranlagen ins Gewässer emittiert wird und sich aufgrund der Oberflächenstruktur Umweltgifte daran anlagern können, ist es denkbar, dass es auch für Mikroplastik - neben den Mikroschadstoffen - im Ablauf von Kläranlagen zukünftig Grenzwerte geben wird. Es hat sich gezeigt, dass die Vollstrom-Endfiltration zur effektiven Elimination von Mikroplastik geeignet ist (Mintening, 2014). Die Vollstrom-Nachbehandlung wird also vorgeschlagen, um die Umwelt bestmöglich vor der Mikroplastikemission zu schützen und ggf. zukünftige Grenzwerte sicher einhalten zu können.
- Die Nachbehandlung / Filtration einer PAK-Adsorptionsstufe sollte stets für den Vollstrom dimensioniert werden. Grund dafür ist die als vorteilhaft erwiesene Rezirkulation der beladenen PAK in die biologische Stufe, womit diese in den Vollstrom der Kläranlage überführt wird. Kommt es nun zu Durchflussspitzen, wodurch im Fall einer Teilstrom-Nachbehandlung vor der Nachbehandlung abgeschlagen wird, besteht die Möglichkeit des unerwünschten Austrags von PAK-Frachten (einschließlich adsorbierter Mikroschadstoffe).

Die für die Machbarkeitsstudie gewählten Durchflussmengen zur Auslegung der Anlagenkomponenten und des Betriebsmittelbedarfs sind in Tabelle 5.1 aufgeführt.

Tabelle 5.1: Gewählte Durchflussmengen

<i>Parameter</i>	Einheit	Größe
1. Gewählte Durchflussmenge für die Hauptverfahren	m ³ /d bzw. m ³ /h	4.790 bzw. 200
2. Gewählte Durchflussmenge für die Nachbehandlung	l/s bzw. m ³ /h	112,2 bzw. 404
Gewählte Durchflussmenge zur Betriebsmittelauslegung	m ³ /d bzw. m ³ /h	3.556 bzw. 148

Von entscheidender Bedeutung sind die entstehenden Investitions- und Betriebskosten der Verfahren, die im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

6 Vorstellung und Bewertung der Verfahrensmöglichkeiten

Im Rahmen der Studie wurde eine Mikroschadstoffanalyse am Ablauf der Kläranlage Osterwick vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Mikroschadstoffanalyse zeigten, dass einige der gemessenen Stoffe in auffällig hohen Konzentrationen wiederzufinden waren.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende Varianten:

- Variante 1.1: **PAK-Adsorption** nach dem AFSF-Verfahren
- Variante 1.2: **PAK-Adsorption** im AFF-Verfahren
- Variante 1.3: **PAK-Adsorption** im Belebungsbecken
- Variante 2: **GAK-Adsorption**

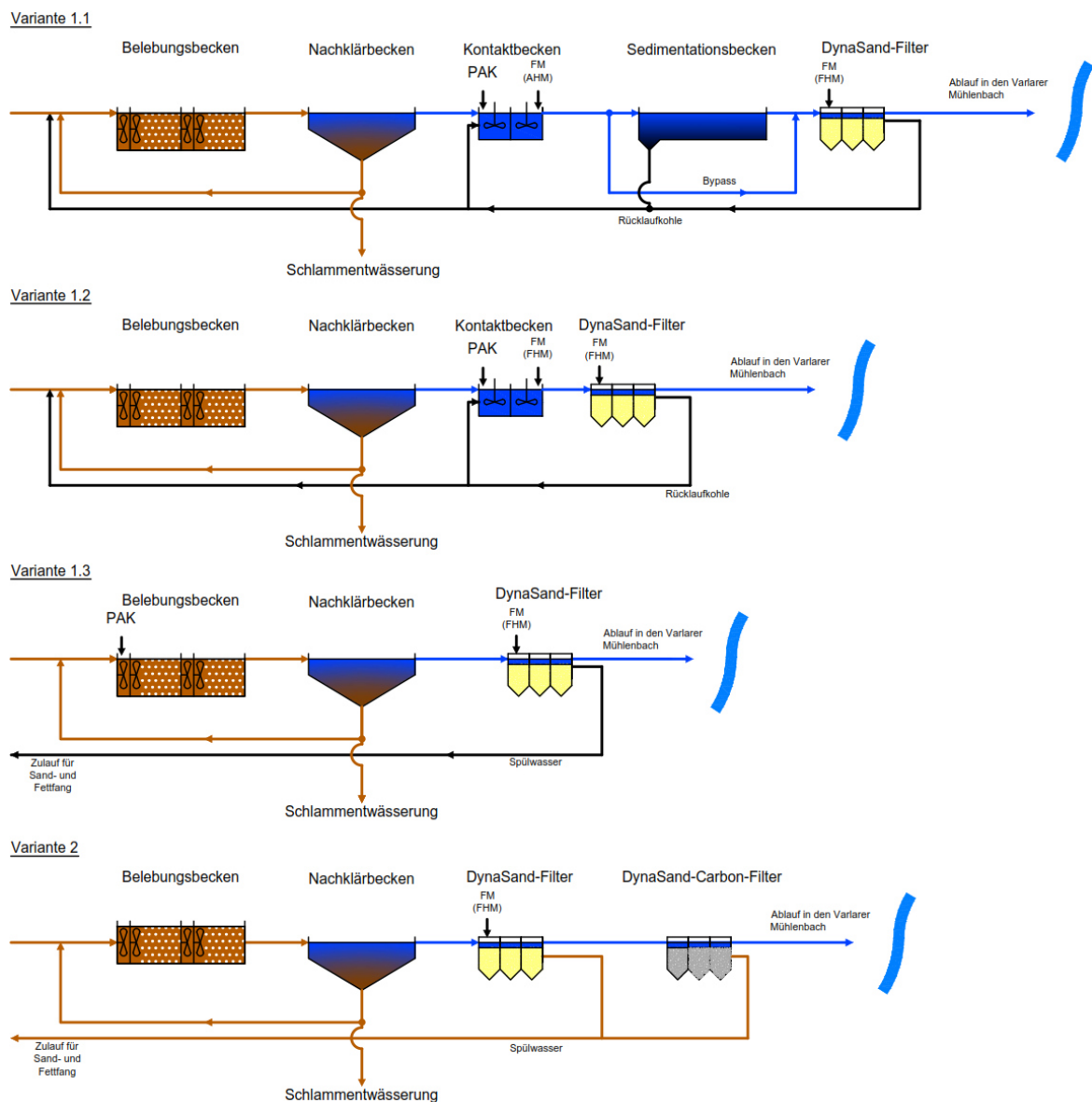


Abbildung 3: Fließschemata der unterschiedlichen Reinigungsstufen zur Mikroschadstoffelimination

Die zur Mikroschadstoffelimination vorgeschlagenen Varianten wurden auf einer Teilfläche des alten Schönungsteichs vorgesehen. Insgesamt werden vier Reinigungsverfahren (zugehörige Fließschema, siehe Abbildung 3) vorgeschlagen, welche allesamt in den Kläranlagenbetrieb integrierbar sind.

Zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit wurden alle relevanten Kosten der gezeigten Variante miteinander verglichen. Tabelle 6.1 stellt die unterschiedlichen Kostenanteile gegenüber.

In Tabelle 6.2 werden die einzelnen Varianten in einer Bewertungsmatrix beurteilt. Die Punktevergabe und Wichtung der einzelnen Kriterien wurde mit dem Anlagenbetreiber abgestimmt. Bei der Punktevergabe ist die Wertung 1 die Schlechteste. Die Wertung 5 hingegen ist die Bestnote, die je nach Ermessen und betrachtetem Kriterium an die Variante vergeben wurde, die sich gegenüber der anderen Varianten am Besten dargestellt hat.

Tabelle 6.1: Kostengegenüberstellung der Varianten 1 bis 2 ohne Berücksichtigung von Fördermitteln und Abwasserabgabereduktionen

Kosten	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 2
Investitionskosten	2.152.875 €	1.722.440 €	1.511.258 €	1.799.341 €
Laufende Jahreskosten	222.266 €/a	193.126 €/a	210.751 €/a	295.676 €/a
<i>davon kapitalgebundene Kosten</i>	<i>157.169 €/a</i>	<i>131.064 €/a</i>	<i>118.502 €/a</i>	<i>136.775 €/a</i>
<i>davon Betriebskosten</i>	<i>65.098 €/a</i>	<i>62.062 €/a</i>	<i>92.249 €/a</i>	<i>158.901 €/a</i>
<i>davon Energiekosten</i>	<i>12.477 €/a</i>	<i>9.441 €/a</i>	<i>7.806 €/a</i>	<i>8.144 €/a</i>
Spezifische Kosten *	0,144 €/m ³	0,125 €/m ³	0,136 €/m ³	0,191 €/m ³
Spezifische Kosten **	0,131 €/m ³	0,114 €/m ³	0,124 €/m ³	0,174 €/m ³
* Bezogen auf die Jahresschmutzwassermenge von:				1.546.031 m ³ /a
** Bezogen auf die Jahresabwassermenge von:				1.700.325 m ³ /a

Aus der Tabelle 6.2 geht hervor, dass die Variante 1.2 die beste Gesamtbewertung erfährt. Mit 4,6 Punkten liegt die Variante 1.2 knapp vor Variante 1.3, mit 4,5 Punkten. Es folgt die Variante 1.1 mit 3,9 und zuletzt die Variante 2 mit 3,7 Punkten.

Welches Verfahren letztlich die meisten spezifischen Vorteile aufweist und empfohlen wird, wird in dem folgenden Kapitel beschrieben.

Tabelle 6.2: Bewertungsmatrix bei der Annahme einer gleichen mittleren Reinigungsleistung aller Varianten auf Mikroschadstoffe und die allgemeinen physikalisch-chemischen Parameter

Kriterium	Wichtung	Variante 1.1		Variante 1.2		Variante 1.3		Variante 2	
		PAK + Sedi + Filtration	PAK + Filtration	PAK + Filtration	PAK + Filtration	PAK in BB + Filtration	PAK in BB + Filtration	GAK + Filtration	GAK + Filtration
		Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Investitionskosten	15%	3	0,45	4,5	0,675	5	0,75	4	0,6
Kapitalkosten	15%	3	0,45	4,5	0,675	5	0,75	4	0,6
Betriebskosten	20%	4,5	0,9	5	1	3,5	0,7	2,5	0,5
Energiebedarf	15%	4	0,6	4,5	0,675	5	0,75	5	0,75
Sensitivität Betriebskostenschwankungen	10%	5	0,5	5	0,5	3,5	0,35	2	0,2
Betriebs- und Wartungsaufwand	10%	4	0,4	4	0,4	5	0,5	4	0,4
Betriebssicherheit	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Flächenbedarf	5%	3,5	0,175	4,5	0,225	5	0,25	4,5	0,225
Summe	100%	31,0	3,9	36,0	4,6	36,0	4,5	30,0	3,7

7 Verfahrensempfehlung

Da bei allen vorgeschlagenen Varianten etwa von einer gleichen Eliminationsrate auf Mikroschadstoffe ausgegangen werden kann, wurden die weiteren monetären und nichtmonetären Kriterien gegenübergestellt (siehe Tabelle 6.2). Aus der Bewertungsmatrix lässt sich ableiten, dass die Varianten der PAK-Adsorption näher betrachtet werden sollten. Die Variante 2 (GAK-Adsorption) wird aufgrund der verhältnismäßig hohen Betriebskosten und den damit verbundenen möglichen Betriebskostenschwankungen nicht empfohlen.

Die Variante 1.3 ist bei Betrachtung der Investitionskosten die günstigste Variante der PAK-Adsorptionsstufen, doch fällt beim Vergleich der Betriebskosten auf, dass die Varianten 1.1 und 1.2 deutlich günstiger sind als die restlichen Varianten. Die ausgeprägten möglichen Kostenschwankungen lassen den Entschluss zu, dass Variante 1.3 nicht weiter betrachtet wird.

Nun liegen die Investitionskosten der Variante 1.2 etwa 400.000 € unter denen der Variante 1.1. An dieser Stelle wird erneut darauf hingewiesen, dass ein nötiger Grunderwerb für die Umsetzung der Variante 1.1 bislang nicht eingerechnet wurde. Bei den Jahreskosten ergibt sich ein Kostenvorteil der Variante 1.2 gegenüber der Variante 1.1 von etwa 25.000 €/a. Zuletzt schneidet die Variante 1.2 in der Bewertungsmatrix gemäß Tabelle 6.2 deutlich besser ab, als Variante 1.1.

Für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe wird letztlich die **Variante 1.2** empfohlen. Auch wenn eine solche Anlage im großtechnischen Maßstab noch nicht existiert, so weisen alle im Laufe der Machbarkeitsstudie aufgeführten Informationen darauf hin, dass die Umsetzung der Variante 1.2 ein sinnvolles Verfahren zu Elimination von Mikroschadstoffen ist. Hierbei wird auf ein zusätzliches Sedimentationsbecken zur PAK-Abscheidung verzichtet. Ein solches Sedimentationsbecken sollte nicht zwangsläufig nötig sein, da die gewählte Endfiltration für eine erhöhte Feststofffracht ausgelegt ist und somit für eine effektive PAK-Abscheidung ausreicht. Es wird jedoch bei der Planung dieser Variante empfohlen, eine mögliche Erweiterung um ein Sedimentationsbecken zu berücksichtigen, also den Ausbau zur Variante 1.1. Somit wäre der Umbau zum erprobten AFSF-Verfahren gewährleistet, falls die Variante 1.2 nicht zu einem zufriedenstellenden Betrieb führt.

Die Variante 1.2 vereint die meisten positiven Eigenschaften. Sie sollte zu sehr guten Eliminationsraten hinsichtlich Mikroschadstoffen führen und ist dank der Filtration zusätzlich dazu in der Lage, den CSB-, P- und N-Gehalt weitergehend zu reduzieren, sofern dieser gebunden vorliegt. Bei Fällmittelzugabe ist außerdem eine weitergehende Reduktion des Phosphor-Gehaltes auf Werte unter 0,1 mg/l zu erwarten. Da die Endfiltration für den gesamten Bemessungszufluss ausgelegt ist, kommt es zu keinerlei Schlammabtrieb aus der Nachklärung in das anliegende Gewässer, wodurch ein konstanterer Kläranlagenbetrieb sichergestellt wird.

8 Zusammenfassung

Mit dem Umdenken und der Aufklärung von Politik und Gesellschaft hinsichtlich der Umweltverschmutzung findet immer häufiger auch die Mikroschadstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen ihre Beachtung. Der Nutzen einer vierten Reinigungsstufe wird immer deutlicher. Die Umsetzung würde der fortschreitenden Akkumulation von Mikroschadstoffen in der aquatischen Umwelt bedeutend entgegenwirken und somit in vielerlei Hinsicht zum Umweltschutz beitragen.

Die örtlichen Umstände und die Erkenntnisse aus dieser Machbarkeitsstudie deuten darauf hin, dass der Ausbau um eine vierte Reinigungsstufe zur Mikroschadstoffelimination für die Kläranlage Osterwick sinnvoll und umsetzbar ist, um den Zustand des Gewässers Varlarer Mühlenbach nachhaltig zu verbessern.

Im Rahmen der Studie wurde zunächst das Projekt kurz beschrieben. Nach der Vorstellung der Kläranlage Osterwick und des Gewässers Varlarer Mühlenbach wurde detailliert auf die Definition der Mikroschadstoffe eingegangen. Es ist deutlich geworden, dass nicht nur die in der EU-Wasserrahmenrichtlinie definierten prioritären Stoffe ein Problem für Kläranlagen und die aquatische Welt darstellen. Eine Vielzahl weiterer Mikroverunreinigungen steht im Verdacht, der Grund für negative Auswirkungen in der Umwelt zu sein. Letztlich sollten alle Mikroschadstoffe, die grundsätzlich durch herkömmliche Reinigungsstufen einer Kläranlage nicht behandelt werden, durch eine weitergehende Reinigungsstufe aus den Kläranlagen und somit im Wesentlichen auch aus dem Wasserkreislauf entfernt werden, um den Gewässerzustand zu verbessern.

Anschließend wurden alle relevanten und derzeit bekannten Verfahren zur Mikroschadstoffelimination aufgeführt und bewertet. Die derzeit gängigen Verfahren zur Mikroschadstoffelimination sind die Ozonung und die Adsorption mittels Aktivkohle. Auch andere Verfahren wurden erläutert und bewertet. Zunächst wurde auf mögliche Membranverfahren eingegangen. Aufgrund der hohen spezifischen Kosten dieser Verfahren und der Tatsache, dass die Mikroschadstoffelimination mittels Membranverfahren wenig erforscht ist, wurden die Membranverfahren nicht weiter berücksichtigt.

Nach den Membranverfahren wurde näher auf die Ozonung eingegangen. Es fand eine Beurteilung möglicher Verfahrenskombinationen statt. Für die Umsetzung einer 4. Reinigungsstufe ergeben sich die meisten Vorteile durch eine Ozonung mit nachgeschalteter biologisch intensivierter Sandfiltration. Hierdurch besteht die Möglichkeit das ozonbehandelte Abwasser weitergehend zu reinigen. Neben dem geringfügigen Mikroschadstoffabbau ist ein Sandfilter dazu in der Lage, die für die Abwasserabgabe relevanten Parameter zu weitergehend reduzieren. Dies ist insofern interessant, da die Ozonung diese Parameter nur begrenzt verringert.

Im Anschluss wurde auf die Adsorption mittels Aktivkohle näher eingegangen. Zur Aktivkohle-Adsorption bieten sich zwei unterschiedliche Verfahren an, die Adsorption mittels

granulierter Aktivkohle (GAK) und die Adsorption mittels Pulveraktivkohle (PAK). Neben der Vorstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen wurden alle wesentlichen Merkmale dieser Verfahren aufgezeigt und analysiert.

Bei der PAK-Adsorption erfolgte nach den allgemeinen Erläuterungen zum Verfahren die Darstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen. Auch auf die Frage, ob Fäll- sowie Flockungshilfsmittel verwendet werden sollten, wurde näher eingegangen. Unterschiedliche Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass die zusätzliche Zugabe von Flockungshilfsmitteln bei der PAK-Adsorption keinen großen Nutzen aufweist. Aus diesem Grund spielten die Flockungshilfsmittel für die weitere Bearbeitung der Machbarkeitsstudie keine Rolle mehr. Schließlich wurden die vorgeschlagenen Verfahren zur PAK-Abscheidung auf ihre Eignung überprüft. Es zeigte sich, dass sich neben der bewährten Sandfiltration ebenso eine DynaSand-, Fuzzy-Filtration oder eine Tuchfiltration sehr gut zur Abscheidung der PAK eignen.

Nach der Betrachtung der relevanten Reinigungsverfahren wurde eingehend auf die Ergebnisse der Mikroschadstoffanalyse im Ablauf der Kläranlage eingegangen. Zunächst wurden die bereits vorliegenden Analysen im Rahmen der Selbstüberwachung bewertet und mit den Werten aus der D4-Liste verglichen. Anschließend wurde für den Rahmen dieser Machbarkeitsstudie gemäß Liste in der Broschüre zur Umsetzung von Machbarkeitsstudien (Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, 2015b) ein Screening durchgeführt, bei dem an zwei Tagen 24h-Mischproben von 23 Stoffen / Stoffgruppen genommen und analysiert wurden. Die Ergebnisse wurden ebenfalls mit den Konzentrationen der D4-Liste verglichen. Da die aktuelle D4-Liste derzeit lediglich 10 der 23 Stoffe aufführt, konnten die restlichen 13 Stoffe nicht eingehend beurteilt werden. Im Anschluss an das Screening folgte das in der o.g. Broschüre vorgegebene Monitoring, wessen Umfang vorab mit Vertretern der Bezirksregierung abgestimmt wurde. Von den sieben betrachteten Stoffen waren auch hier lediglich vier Stoffe in der D4-Liste aufgeführt.

Die Analyseergebnisse aus allen Messprogrammen deuten darauf hin, dass die aktuellen Reinigungsstufen der Kläranlage nicht zur Mikroschadstoffelimination ausreichen und dass infolge der Kläranlageneinleitung die Konzentrationen der bewerteten Stoffe im Gewässer teilweise deutlich ansteigen.

Hinsichtlich der Mikroschadstoffe kann über eine weitergehende Reinigungsstufe nachgedacht werden. Außerdem wird angestrebt die Zielwerte der EU-Wasserrahmenrichtlinie für Oberflächengewässer in Zukunft einzuhalten. Es liegt nahe, dass einige Kläranlagenbetreiber tätig werden müssen, um ihre Ablaufwerte in naher Zukunft zu verbessern. Eine weitergehende Abwasserreinigung ist mit großer Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit umzusetzen. Dies könnte mit Hilfe einer vierten Reinigungsstufe verwirklicht werden.

Nach der Vorstellung der derzeitigen Planungs- und Bemessungsgrundlagen einer 4. Reinigungsstufe wurden zwei Alternativen vorgeschlagen, mit denen die zukünftig verschärf-

ten Einleitenvoraussetzungen für die allgemeinen Ablaufparameter möglicherweise eingehalten werden können.

Es folgte die Vorstellung möglicher Reinigungsverfahren zur Mikroschadstoffelimination auf der Kläranlage Osterwick. Im Rahmen der Studie wurden drei Verfahren der PAK-Adsorption und ein Verfahren der GAK-Adsorption vorgestellt und verglichen. Bis auf Variante 1.3 beginnt jedes der Verfahren mit dem Abschluss der herkömmlichen Abwasserreinigung der Kläranlage, also nach den Nachklärbecken.

Die vorgeschlagenen Varianten wurden anschließend in einer Sensitivitätsanalyse und einer Bewertungsmatrix miteinander verglichen, mit dem Ergebnis, dass die Varianten 1.2 insgesamt die beste Bewertung erfuhr und für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe auf der Kläranlage Osterwick vorgeschlagen wurde. Auf Basis der Bewertungen wurde empfohlen, bei einer Umsetzung eine PAK-Adsorption mit anschließender Endfiltration in Form der DynaSand-Filtration zu realisieren (Variante 1.2), um neben der gesteigerten Reinigungswirkung auch den Gewässerzustand weitergehend zu verbessern.