



Kläranlage Nordwalde Machbarkeitsstudie zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie
Juli 2019 | Kurzbericht
Projektnummer 0462 035





Kläranlage Nordwalde Machbarkeitsstudie zur Elimination von Mikroschadstoffen

Machbarkeitsstudie
Juli 2019 | Kurzbericht
Projektnummer 0462 035



Bearbeitet durch:
M. Sc. Fernando Weiß

Aufgestellt:
Bochum, im Juli 2019
bie-we-tie

Dipl.-Ing. Norbert Biebersdorf

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Anlagenbestand	2
2.1	Kurzbeschreibung	2
2.2	Screening-Ergebnisse	2
3	Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen	3
3.1	Beschickungsmenge	3
3.2	Verfahrensfestlegung	4
3.3	Randbedingungen	4
3.4	Varianten.....	4
3.4.1	Variante 1: Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter	4
3.4.1.1	Allgemeines.....	4
3.4.1.2	Ausführung.....	5
3.4.2	Variante 2: Filtration über granulierte Aktivkohle.....	7
3.4.2.1	Allgemeines.....	7
3.4.2.2	Ausführung.....	8
3.4.3	Variante 3: Pulveraktivkohle (PAK) mit Rücklaufkohle	9
3.4.3.1	Allgemeines.....	9
3.4.3.2	Ausführung.....	10
3.5	Ergebnisübersicht Varianten.....	13
4	Kosten	14
5	Bewertung.....	14
6	Zusammenfassung.....	15
7	Einschätzung des Handlungsbedarfes.....	16

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Ertüchtigung von kommunalen Kläranlagen im Hinblick auf die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen wird derzeit in der Fachwelt diskutiert.

Diese ergänzende Reinigungsstufe ist in der Bundesrepublik, insbesondere in Baden-Württemberg und auf einigen Anlagen in Nordrhein-Westfalen bereits in Betrieb. In der Schweiz wird eine landesweite Einführung vorbereitet.

Nicht zuletzt lassen die Aktivitäten im Umweltausschuss des Europäischen Parlaments mit der Aufnahme von erstmals drei Pharmaka-Wirkstoffen in die sogenannte „Watch-List“ darauf schließen, dass die Mikroschadstoffelimination zukünftig Pflicht werden könnte.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahrenskombinationen auch im großtechnischen Maßstab untersucht. So stehen verschiedene Konzepte zur Elimination der genannten Stoffe zur Verfügung.

Um die Realisierbarkeit dieser Verfahren auf den Kläranlagen konkret zu untersuchen, fördert das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Machbarkeitsstudien.

Die Gemeinde Nordwalde hat die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH beauftragt, für die Kläranlage Nordwalde eine solche Studie auszuarbeiten.

Mit der Studie soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, um die Auswahl eines möglichen Verfahrens durch die Gemeinde Nordwalde zu unterstützen. Neben den technischen Aspekten werden auch die Wirtschaftlichkeit und weitere Punkte, wie z. B. die Nachhaltigkeit, bewertet.

Die Machbarkeitsstudie gliedert sich in folgende Punkte auf:

- Datenauswertung mit Ermittlung der für die Auslegung maßgeblichen Teilstrommenge;
- Auswertung der Ergebnisse der Spurenstoffanalytik;
- Bewertung der wasserwirtschaftlichen Relevanz der weitergehenden Spurenstoffelimination auf der Kläranlage Nordwalde;
- Auswirkung der weitergehenden Spurenstoffelimination auf die allgemeinen chemischen Parameter im Gewässer;
- Auslegung der insgesamt drei Verfahrenskombinationen;
- Darstellung der Varianten im Lageplan und im Blockfließbild;
- Beschreibung und Bewertung der Verfahren;
- wirtschaftliche Bewertung der Konzepte anhand der Jahreskosten; dazu werden die Investitionskosten und die Betriebskosten abgeschätzt;
- Zusammenfassung der Bewertung in einer Entscheidungsmatrix.

2 Anlagenbestand

2.1 Kurzbeschreibung

Die Kläranlage Nordwalde wurde im Jahr 1970 als Abwasserreinigungsanlage mit aerober Schlammstabilisierung errichtet und in Betrieb genommen. 1998 wurde die Anlage auf eine Ausbaugröße von 14.000 EW ausgebaut.

Die Anlage gliedert sich in eine mechanische und eine biologische Reinigungsstufe. Die mechanische Stufe umfasst eine Rechenanlage und einen belüfteten Sandfang. Der Ablauf aus dem Sandfang wird in ein Verteilerbauwerk geleitet, dem ebenfalls der Rücklaufschlamm zufließt. Das Abwasser-Schlamm-Gemisch wird anschließend in die zweistraßige Kaskadenbelebung geführt. Diese besteht aus zwei gleichgroßen Rechteckbecken mit jeweils 5 Beckenabschnitten. Die chemische Elimination von Phosphor erfolgt in Form einer Simultanfällung.

Die Abläufe der Belebungsbecken gelangen in die als Rundbecken ausgeführten Nachklärbecken, wo der sedimentierte Schlamm durch Räumerschilde in den jeweils mittig angeordneten Trichter geräumt wird.

Die Abläufe der Nachklärbecken werden in einem Ablaufsammelschacht zusammengeführt. Das gereinigte Abwasser wird über ein Ablaufbauwerk dem Vorfluter zugeführt.

Der aus dem Rücklaufschlammstrom abgezogene Überschussschlamm wird auf der Kläranlage maschinell entwässert und entsorgt. Der Rücklaufschlamm wird über das Rücklaufschlamm-pumpwerk gehoben und in die Belebung zurückgeführt.

Das Einzugsgebiet der Kläranlage wird im Trennverfahren entwässert. Das gereinigte Abwasser wird in den Brüggemannsbach bzw. in den Emsdettener Mühlenbach (Vorfluter) eingeleitet.

2.2 Screening-Ergebnisse

In Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Kläranlage Nordwalde wurde der Einfluss einer weitergehenden Spurenstoffelimination auf den ökologischen Zustand des Brüggemannsbachs abgeschätzt und bewertet.

Folgendes wurde festgestellt:

- Eine weitergehende Spurenstoffelimination kann für bestimmte Stoffe zu einer signifikanten Reduzierung des toxikologischen Risikos in der Umwelt führen.
- Am konkreten Beispiel von Diclofenac hat sich jedoch gezeigt, dass allein die Errichtung einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination zu keiner wesentlichen Verbesserung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potentials des Vorfluters führen kann.
- Aus Referenzanlagen ist es bekannt, dass Adsorptionsverfahren zur Spurenstoffelimination eine zusätzliche Reduktion der Standardparameter hervorrufen. Für den Parameter TOC wurde eine zusätzliche Reduzierung von bis zu 20 % angenommen.

- Eine Frachtbilanzierung um den Ablauf der Kläranlage zeigte allerdings, dass eine solche Reduzierung im Kläranlagenablauf kaum einen Einfluss auf die Konzentrationen im Gewässer hat, da die Einträge aus dem Kläranlagenablauf einen geringen Anteil der Gesamtschmutzfracht im Gewässer darstellen.

3 Darstellung der untersuchten Verfahrenskombinationen

3.1 Beschickungsmenge

Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Auslegung der Verfahrensstufe zur Spurenstoffelimination ist eine Betrachtung zur Teilstrombehandlung erforderlich. Der Teilstrom wird so gewählt, dass ein Großteil der jährlichen Abflusssituationen darüber abgedeckt wird. Zudem muss sichergestellt sein, dass eine ausreichende Spurenstoffelimination in der Gesamtanlage (bestehende Anlage + 4. Reinigungsstufe) erfolgt.

Für eine Vollstrombehandlung müsste auf der Kläranlage Nordwalde eine Kapazität zur Behandlung von **560 m³/h** vorgehalten werden. Die gesamte Jahresabwassermenge beträgt nach unserer Auswertung **722.897 m³/a**. Wenn die 4. Reinigungsstufe auf einen Teilstrom von **105 m³/h** ausgelegt wird, können ca. 90 % der Jahresabwassermenge (**650.607 m³/a**) behandelt werden. Im Vergleich zur Vollstrombehandlung könnte die Anlage ca. **81%** kleiner ausgeführt werden (siehe **Abbildung 3-1**).

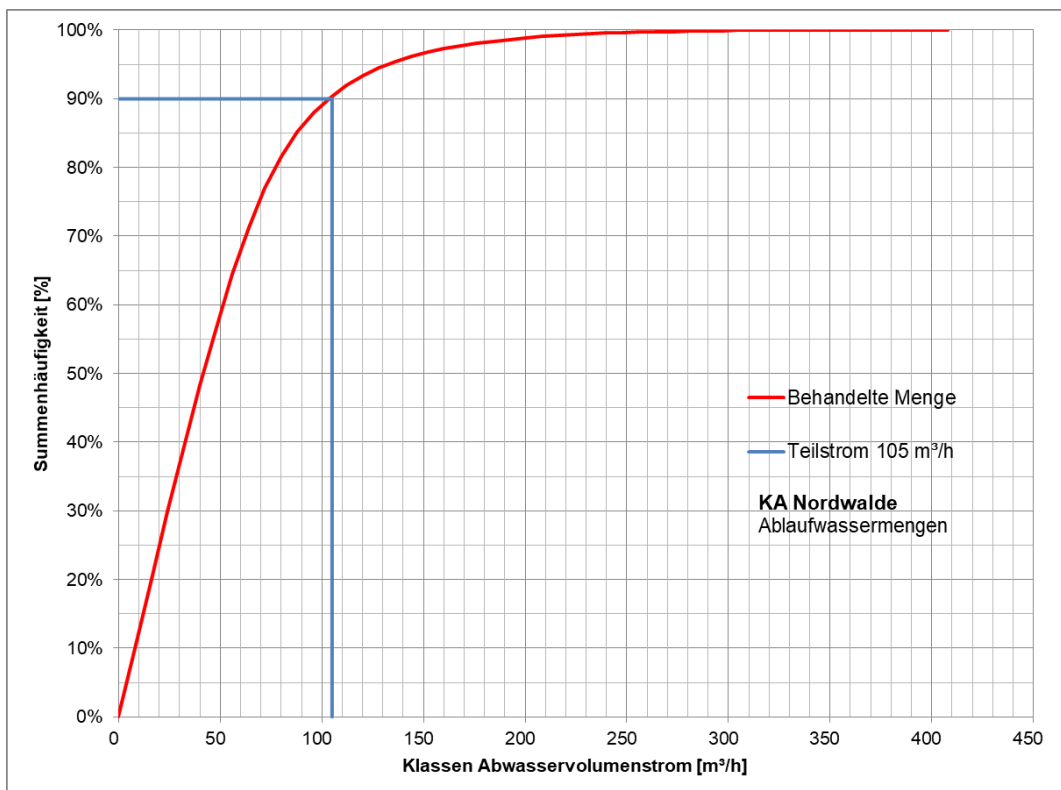


Abbildung 3-1: Summenhäufigkeitskurve für die Ablaufwassermenge im Untersuchungszeitraum

Aus bemessungstechnischen und wirtschaftlichen Gründen wurde entschieden, die Anlage auf einen Teilvolumenstrom von **105 m³/h** auszulegen.

3.2 Verfahrensfestlegung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die folgenden drei Verfahrenskombinationen untersucht:

1. **Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter.** Ablauf der Nachklärung wird über die Ozonung geführt. Als biologische aktive Stufe nach der Ozonung dienen Sandfilter.
2. **Filtration über granulierten Aktivkohle.** Festbettadsorber werden der bestehenden Anlage nachgeschaltet.
3. **Pulveraktivkohle mit Rücklaufkohleführung.** Kontaktbecken mit Abtrennung der PAK im Absetzbecken und in der nachgeschalteten Tuchfiltration.

3.3 Randbedingungen

Als Baufeld für die Anlage zur Mikroschadstoffelimination ist eine Grünfläche in der Nähe der Nachklärbecken vorgesehen. Es sind Anpassungsarbeiten am vorhandenen Ablaufschacht der Nachklärbecken erforderlich. Darüber hinaus ist bei Variante 3 eine Erweiterung der Fällmitteldosieranlage vorgesehen.

3.4 Varianten

3.4.1 Variante 1: Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter

3.4.1.1 Allgemeines

Neben der Entfernung der Spurenstoffe auf adsorptivem Wege ist die Oxidation der Stoffe eine andere Möglichkeit zur Elimination. Hier bietet sich der Einsatz von Ozon als starkes Oxidationsmittel an.

Zu berücksichtigen ist, dass durch den Einsatz von Ozon Oxidationsprodukte gebildet werden können, die toxisch sind. Daher wird empfohlen, eine biologisch arbeitende Stufe der Ozonung nachzuschalten. Dies kann eine Filtration sein, wie Abbeglen u. a. (2009) in einem großtechnischen Versuch auf der ARA Regensdorf nachweisen konnte. Der Ablauf der Ozonung wird im Rahmen dieser Studie in den nachgeschalteten Schönungsteich zum Abbau eventuell toxikologisch bedenklicher Stoffe geführt.

Die Ozonung wird anhand folgender Bemessungsparameter ausgelegt:

Ozondosis:	2...10 g/m ³
Kontaktzeit im Reaktionsbehälter:	10...30 min

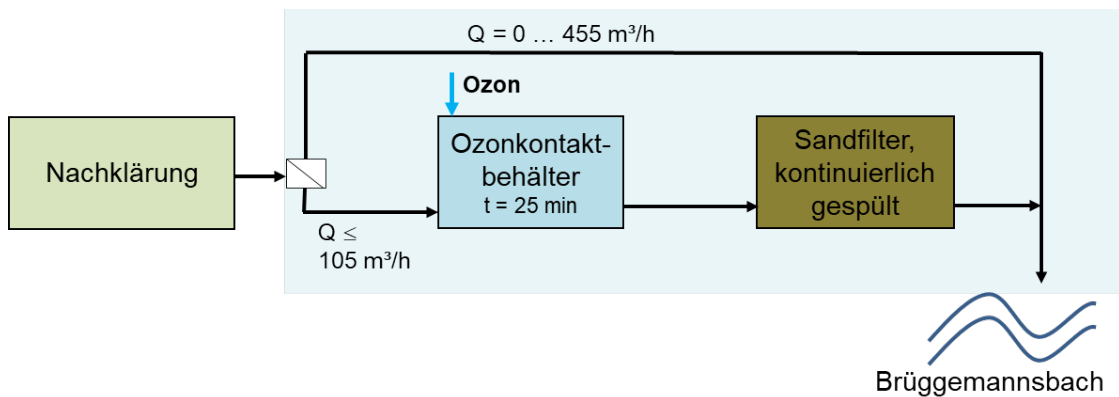


Abbildung 3-2: Blockschema Variante 1

Folgende Werte wurden gewählt:

Anzahl Kontaktbehälter:	2 Stück
Wassertiefe Kontaktbehälter:	5 m

Es wurde eine mittlere Ozondosis angenommen von:

$$c_{\text{O}_3,\text{a}} = 7,00 \text{ mg O}_3/\text{l}$$

Es ist davon auszugehen, dass sich mit Betrieb der Anlage ein Optimierungspotential ergibt.

3.4.1.2 Ausführung

Den Lageplan der Variante stellt **Blatt 1** der Planunterlagen dar. Die Ozonung mit Ozonerzeuger und Kontaktbecken ist zweistraßig ausgeführt. Bei geringem Durchfluss (z. B. in der Nacht) kann eine Straße außer Betrieb genommen werden.

Zulaufpumpwerk

Die Beschickung der Ozonung erfolgt über ein Zwischenpumpwerk. Zwei trocken aufgestellte Pumpen mit einem Volumenstrom von je 105 m³/h sind geplant.

Kontaktbehälter

Die beiden Kontaktbehälterstraßen werden als Betonbauwerk ausgeführt. Die Behälter verfügen über keine Einbauten, außer einer unterströmten Tauchwand im letzten Drittel des Behälters. Dieser Bereich dient als Entspannungszone. Untersuchungen von Herbst u. a. (2011) zeigten, dass weitere Einbauten (Leitwände) die Effizienz nicht nachhaltig verbessern.

Der Ozoneintrag kann über eine Teilstrombegasung mit Injektoren erfolgen, oder über Diffusoren direkt in das Abwasser. Im konkreten Fall wird der Eintrag über Diffusoren gewählt, da er verfahrenstechnisch einfacher zu realisieren ist (kein weiterer Kreislauf mit Pumpe). Der Ablauf der Ozonbehandlung wird anschließend in die nachgeschalteten Sandfilter geführt.

Ozonerzeugung

Die Ozonerzeuger weisen eine Leistung von 2 x 550 g/h auf. Als Prozessgas ist flüssiger Sauerstoff vorgesehen. Die Kühlung erfolgt über einen Nass/Nass-Wärmeübertrager, der im Container untergebracht ist. Das benötigte Kühlwasser im Sekundärkreislauf wird über zwei Pumpen (eine Reserve) bereitgestellt. Die Erzeuger und die Schaltanlage werden ebenfalls in Containern untergebracht.

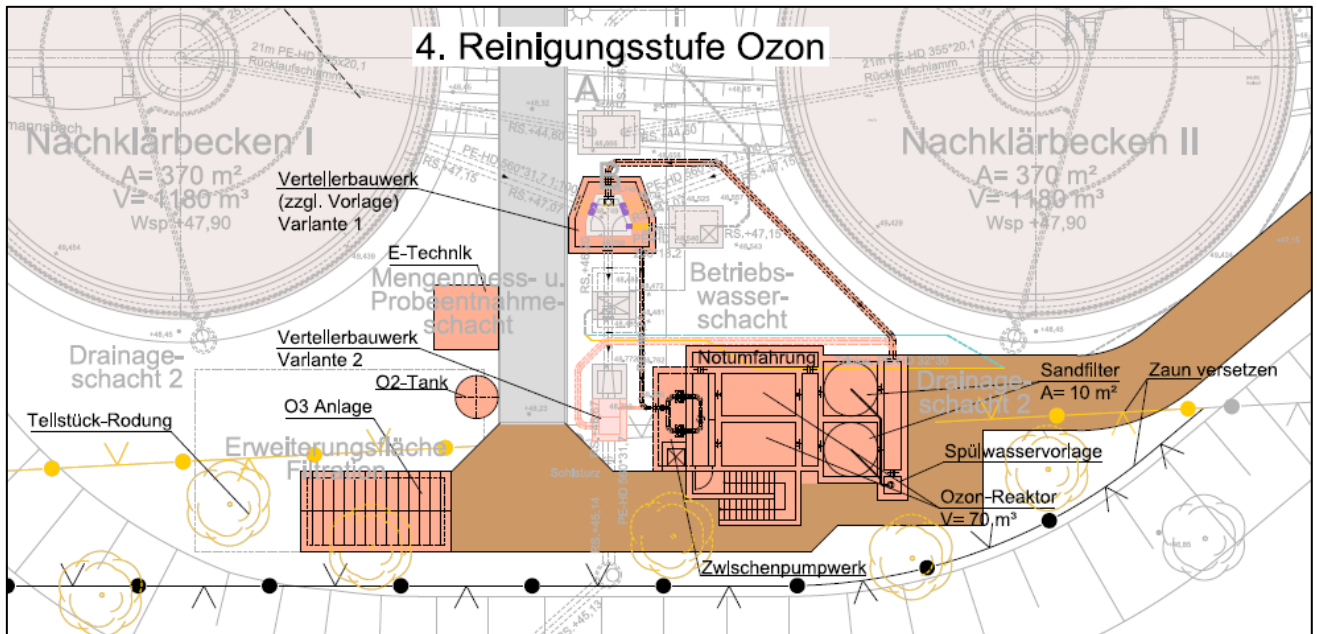


Abbildung 3-3: Lageplanausschnitt Variante 1: Ozonung mit nachgeschaltetem Dynasandfilter

Sandfilter (kontinuierlich gespült)

Als biologische Nachbehandlungsstufe sind kontinuierlich arbeitende Sandfilter (Dyna-Sandfilter) vorgesehen. Das Sandbett im Filter wird von unten nach oben durchströmt. Die im Abwasser enthaltenen Suspensa werden im Sand zurückgehalten. Über eine Mammutpumpe wird der verunreinigte Sand aus dem Filterbett von unten nach oben transportiert. In einem Sandwäscher wird dieser Sand mit Filtrat gereinigt. Der gereinigte Sand fällt auf das Filterbett zurück. Das anfallende Schlammwasser aus dem Sandwäscher fließt über den Waschwasserablauf ab. Für den Betrieb der Mammutpumpe ist eine Druckluftversorgung notwendig. Rückspülpumpen werden nicht benötigt.

Es sind insgesamt zwei Filter vorgesehen. Jeder Filter weist eine Filterfläche von 5 m² auf, sodass sich eine Gesamterfilterfläche von 10 m² ergibt. Die Filter sind in ein Betonbecken eingebaut.

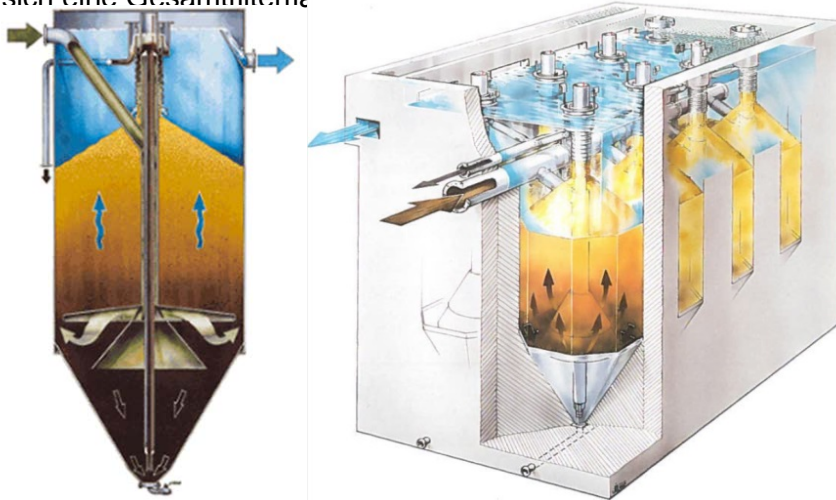


Abbildung 3-4: Dyna-Sandfilter: links: Prinzipdarstellung, rechts: Anordnung im Betonbecken (Quelle: Nordic-Water)

3.4.2 Variante 2: Filtration über granulierte Aktivkohle

3.4.2.1 Allgemeines

Der ausgewählte Teilstrom von maximal 105 m³/h wird über Aktivkohlefilter geführt.

Die Filterstufe wird anhand folgender Bemessungsparameter ausgelegt:

Leerbettkontaktzeit (EBCT):	10...30 min
Filtergeschwindigkeit:	5...20 min
Bethöhe GAK:	1,5...3 m

Folgende Werte wurden gewählt:

Anzahl Filter:	2 Stück
Bethöhe GAK:	3 m
Leerbettkontaktzeit (EBCT):	30 min
Filterfläche gesamt:	20 m ²

Die Stufe kann als Druckfiltration – zumeist in Filterkesseln aus Stahl – oder als offene Filtration realisiert werden. Für den Anwendungsfall wurde eine Ausführung als offener Rechteckfilter aus Beton gewählt, da so der Filterblock zusammen mit der benötigten Spülwasservorlage als kompaktes Bauwerk realisiert werden kann.

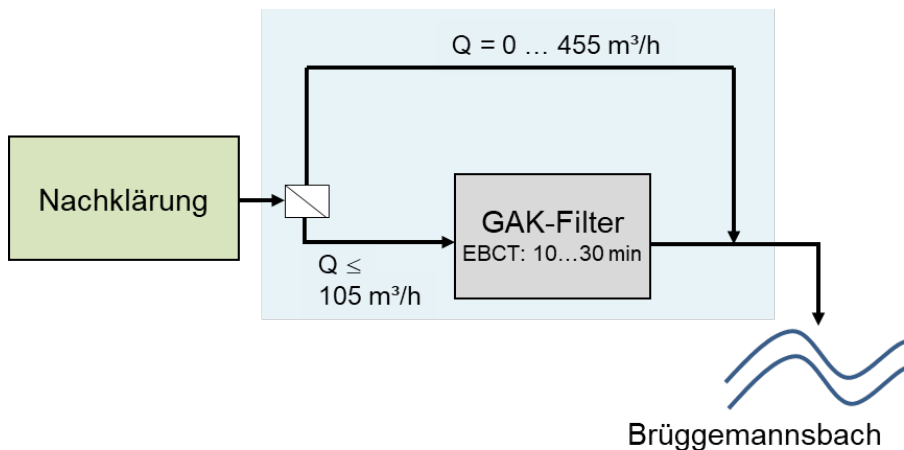


Abbildung 3-5: Blockschema Variante 2: GAK-Filtration

Zu beachten ist, dass die Aktivkohlefilter neben der adsorptiven Wirkung auch Suspensa zurückhalten. Daher wird von einer täglichen Spülung der Filter ausgegangen.

Die Rückspülgeschwindigkeiten sind geringer als bei Mehrschichtfiltern.

Sontheimer u. a. (1985) nennen folgende Werte:

Spülluftgeschwindigkeit: 60...80 m/h

Spülwassergeschwindigkeit: 25...35 m/h

Die Filter werden für eine Durchlaufspülung ausgelegt. Die Spülwasserableitung erfolgt über eine Rinne.

Die Standzeit der granulierten Aktivkohle in den Filtern wird mit 8.000 Bettvolumina (BV) angesetzt. Dieser Wert ist vergleichsweise günstig für das Verfahren gewählt, wenn man bedenkt, dass die Adsorption der Spurenstoffe in Konkurrenz zur Restorganik erfolgt, die noch im Ablauf der Nachklärung enthalten ist.

3.4.2.2 Ausführung

Den Lageplan der Variante stellt **Blatt 2** der Planunterlagen dar.

Zulaufpumpwerk

Die Beschickung der GAK-Filtration erfolgt über ein Zwischenpumpwerk. Zwei trocken aufgestellte Pumpen mit einem Volumenstrom von je 105 m³/h sind geplant.

Filterblock

Der Filterblock besteht aus zwei abwärtsdurchströmten offenen Filtern. Jede Filterkammer weist eine Fläche von 10 m² auf. Die Abmessungen einer Filterkammer liegen bei einer Breite von 2 m und einer Länge von 5 m.

Für die Kläranlage Nordwalde würde dies bedeuten, dass ein Kontakt- und Absetzbecken sowie eine Filtration gebaut werden müssen. Weiterhin ist ein Silo einschließlich der Dosiertechnik für die Pulveraktivkohle notwendig. Fällmittel wird über die bestehende Anlage bezogen.

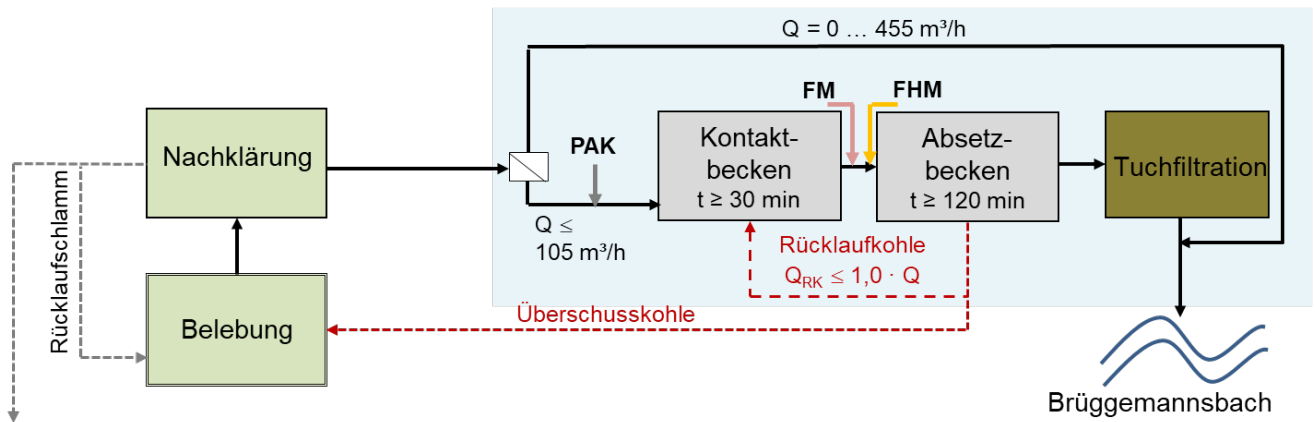


Abbildung 3-7: Blockschema Variante 3: PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

Diese Variante hat neben der Elimination der Spurenstoffe auch einen großen Einfluss auf die Parameter CSB, P_{ges} und abfiltrierbare Stoffe im Teilstrom. Insgesamt ist davon auszugehen, dass auch bei diesen Parametern deutlich geringere Ablaufwerte zu erwarten sind. Zu beachten ist, dass jeweils immer nur ein Teilstrom von maximal $105 \text{ m}^3/\text{h}$ behandelt wird.

Ein Mehrverbrauch an Fällmittel (Me-Salzen) gegenüber dem Ausgangszustand konnte beispielsweise in Böblingen-Sindelfingen nicht festgestellt werden, da die Dosierung der Simultanfällung reduziert werden konnte. Die Dosierung hat sich also in die Mikroschadstoffelimination verlagert.

Bei dieser Variante erhöht sich der Schlammanfall der Kläranlage. Nach Erfahrungen von bereits in Baden-Württemberg realisierten Anlagen setzt sich der in dieser Stufe anfallende Schlamm zu jeweils einem Drittel aus Aktivkohle, Organik und anorganischen Fällprodukten zusammen.

3.4.3.2 Ausführung

Den Lageplan der Variante stellt **Blatt 3** der Planunterlagen dar.

Zulaufpumpwerk

Die Beschickung der PAK-Anlage erfolgt über ein Zwischenpumpwerk. Zwei trocken aufgestellte Pumpen mit einem Volumenstrom von je $105 \text{ m}^3/\text{h}$ sind geplant. Das Wasser wird zunächst auf das Niveau des Kontaktbeckens gehoben.

Kontaktbecken

Es ist ein quadratisches Kontaktbecken mit einer Wasserspiegelhöhe von 3 m ausgeführt. Bei einer Innenkantenlänge von 5 m ergibt sich ein Volumen von 75 m^3 . Des Weiteren ist die Rücklaufkohleführung auf ein Rückführverhältnis von 1 ausgelegt. Insgesamt ist durch diese Maßnahmen sichergestellt, dass die Adsorptionskapazität der eingesetzten Kohle sehr gut genutzt werden kann. Das Kontaktbecken ist mit einem Vertikalrührwerk ausgestattet.

Absetzbecken

Das Absetzbecken kann als Rechteckbecken ausgeführt werden. Die Aufenthaltszeit beträgt bei einem Volumen von 225 m³ ca. 129 min. Für die Räumung des anfallenden Schlammes ist eine Schildräumung vorgesehen. Der sedimentierte Schlamm wird in einen Sammelschacht geführt und mittels einer Pumpe wieder in den Zulauf des Kontaktbeckens zurückgeführt. Die Überschussschleife wird aus dem Sammelschacht entnommen und über eine weitere Pumpe der Belebung zur weiteren Beladung zugeführt.

Tuchfiltration

Dem Absetzbecken wird eine zweistraßige Filtrationsstufe zur Suspensa-Restentfernung nachgeschaltet. Es sind 2 Tuchfilter mit 2 Scheiben à 5 m² vorgesehen. Damit ergibt sich eine Gesamtfiltrationsfläche von 20 m². Die Tuchfiltration wurde in Bezug auf die Abtrennung von Aktivkohle in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht. Auf der Kläranlage Lahr wurde die erste Anlage im technischen Maßstab umgesetzt. Vorteile der Tuchfiltration sind der geringe Platzbedarf und die geringen Energiekosten im Betrieb (Rückspülung und hydraulische Verluste) gegenüber Raumfiltern. Zu beachten ist, dass die Filtertücher in regelmäßigen Abständen (ca. 5 a) erneuert und jährlich einer Intensiv-Reinigung unterzogen werden müssen. In der **Abbildung 3-8** ist ein Tuchfilter im Schnitt dargestellt.

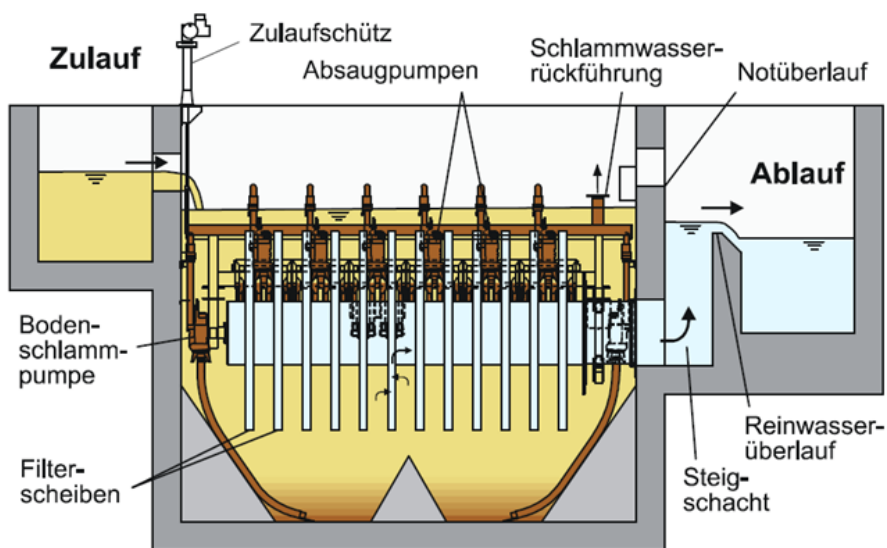


Abbildung 3-8: Schnitt eines Tuchfilters, Ausführungsbeispiel (Quelle: Mecana)

PAK-Silo

Zur Lagerung der Aktivkohle ist ein Silo mit einem Inhalt von 80 m³ vorgesehen.

Flockungs- und Flockungshilfsmittel

Das Fällmittel wird der bestehenden Anlage auf der Kläranlage entnommen. Die bestehende Dosieranlage wird dazu um eine zusätzliche Dosierpumpe erweitert. Die Bereitanlage für das Flockungshilfsmittel wird im Bereich des Absetzbeckens errichtet. Alternativ kann die vorhandene Anlage in der Eindickungshalle genutzt werden.

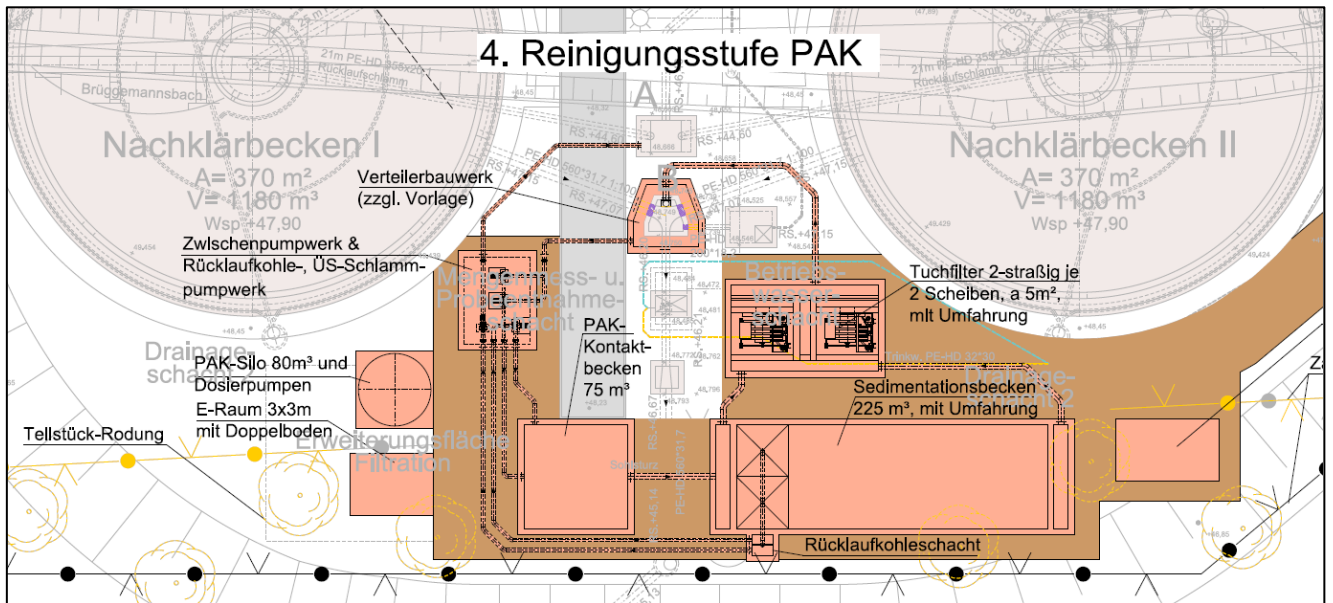


Abbildung 3-9: Lageplanausschnitt Variante 3: PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle

3.5 Ergebnisübersicht Varianten

	Variante 1 Ozongung + Sandfilter	Variante 2 GAK-Filtration	Variante 3 Pulverkohle mit Rücklaufkohle
Anlagenkomponenten			
	<p>Flüssigsauerstoff: Tankanlage und Verdampfer</p> <p>Ozonerzeuger: 2 x 550 g O₃/h</p> <p>Reaktionsbehälter: 2 Straßen, je L = 3,5 m; B = 2 m; V_{ges} = 70 m³</p> <p>Sandfiltration (kont. gespült): 2 Filter mit A_F = 5 m² A_{F,ges} = 10 m²</p>	<p>GAK-Filtration: 2 Filter, B x L = 2 x 5 m A = 10 m²; H_{FB} = 3 m; V = 60 m³</p>	<p>Kontaktbecken: t_A = 30 min, V_{ges} = 75 m³</p> <p>Absetzbecken: L = 15 m; b = 5 m; h = 3 m V = 225 m³</p> <p>Tuchfiltration: A_{F,ges} = 20 m²</p> <p>PAK-Silo: V = 80 m³</p>
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • geringer Platzbedarf • Suspensarückhalt durch Filtration • Optimierungspotential bei Ozondosis zu erwarten 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Bildung von Reaktionsprodukten • Wirkungsweise der Stoffelimination eindeutig • Sicherer und einfacher Betrieb • Suspensarückhalt durch Filtration 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Bildung von Reaktionsprodukten • Wirkungsweise der Stoffelimination eindeutig • sehr guter Suspensarückhalt im AB und durch Filtration • sehr gute Reduzierung P_{ges} und CSB • Mehrfachbeladung der PAK
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktionsmechanismen und -produkte sind teilweise unbekannt, • Wartung erfordert geschultes Personal oder externes Personal, • hohe Sicherheitsanforderungen an den Arbeitsschutz, da Ozon toxisch ist und als Reizstoff wirkt • hoher Energiebedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • GAK-Austausch • Hoher Kohlebedarf in Vergleich zu anderen Varianten 	<ul style="list-style-type: none"> • höhere Schlammanfall als bei den anderen Varianten • betreuungsintensiv, da Dosierung von PAK, FHM und FM

4 Kosten

Die Jahreskosten wurden anhand der kapitalisierten Investitionskosten sowie der betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten ermittelt.

Tabelle 4-1: Jahreskosten und spezifische Kosten für die Varianten 1 bis 3

		Ozonung	GAK-Filtration	PAK m. Rücklaufkohle
Kapitalgebundene Kosten	EUR	101.640,15	73.612,40	115.143,04
Betriebsgebundene Kosten	EUR	45.859,50	37.245,25	48.729,08
Verbrauchsgebundene Kosten	EUR	31.083,19	54.518,52	33.626,19
Summe Jahreskosten, netto	EUR	178.582,84	165.376,17	197.498,31
Mehrwertsteuer: 19%	EUR	33.930,74	31.421,47	37.524,68
Summe Jahreskosten, brutto	EUR	212.513,57	196.797,64	235.022,99
Anteil		108%	100%	119%

Spezifische Kosten bezogen auf die behandelte Abwassermenge in der Anlage zur Mikroschadstoffelimination				
spez. Kosten, netto	ct/m ³ Abwasser	27	25	30
spez. Kosten, brutto	ct/m ³ Abwasser	33	30	36

Spezifische Kosten bezogen auf die gebührenrelevante Jahresschmutzwassermenge (413.000 m ³)				
spez. Kosten, netto	ct/m ³ Abwasser	43	40	48
spez. Kosten, brutto	ct/m³ Abwasser	51	48	57

5 Bewertung

Neben den Kosten sind noch weitere Kriterien, wie Reinigungsleistung, Betriebssicherheit, Bildung von Abbauprodukten, Betriebs- und Wartungsaufwand, Sensitivität bei Kostensteigerungen, für die Bewertung der Varianten wichtig. In der nachfolgenden Bewertungsmatrix wurden diese Kriterien zusammengestellt und gewichtet. Die Variante mit der jeweils höchsten Punktzahl ist als Vorzugsvariante anzusehen.

Tabelle 5-1: Bewertungsmatrix für die Varianten 1 bis 3

Kriterium	Wichtung	Wertung					
		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Ozonung	GAK-Filtration	PAK m. Rücklaufkohle	Punkte	gewichtet	Punkte
Jahreskosten	0,40	4	1,60	5	2,00	3	1,20
Reinigungsleistung P _{ges} /CSB (zusätz. Reduk.)	0,10	4	0,40	4	0,40	5	0,50
Bildung Nebenprodukte	0,05	3	0,15	5	0,25	5	0,25
Erfahrungen/Referenzen	0,05	4	0,20	4	0,20	5	0,25
Betriebs- und Wartungsaufwand	0,05	3	0,15	3	0,15	3	0,15
Betriebssicherheit	0,05	4	0,20	5	0,25	4	0,20
Sensitivität Kostensteigerungen	0,05	4	0,20	4	0,20	4	0,20
Schlammproduktion	0,20	5	1,00	3	0,60	5	1,00
CO ₂ -Bilanz	0,05	4	0,20	5	0,25	4	0,20
Summe	1,00	35	4,10	38	4,30	38	3,95

Wertung nach Punkten
(steigende Punkte → bessere Wertung)

1 = ungenügend
5 = sehr gut

In der **Summe** schneidet Variante 2 (GAK-Filtration) mit 4,30 Punkten am besten ab, gefolgt von Variante 1 (Ozonung) mit 4,10 Punkten. Die Variante 3 (PAK) hat mit 3,95 Punkten die niedrigste Bewertung.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen der Studie zur Ertüchtigung und Erweiterung der Kläranlage Nordwalde in Bezug auf die Elimination von anthropogenen Spurenstoffen (4. Reinigungsstufe) wurden folgende drei Verfahrensvarianten untersucht, die mit dem Auftraggeber abgestimmt wurden:

Variante 1: Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter

Variante 2: GAK-Filtration

Variante 3: Pulveraktivkohledosierung mit Rücklaufkohle

Die Screening-Ergebnisse zeigten, dass die Konzentrationen der untersuchten Spurenstoffe im Ablauf der Kläranlage Nordwalde sich größtenteils mit Werten aus der Literatur vergleichen lassen.

Die ausgewählten Varianten wurden auf ihre Umsetzbarkeit geprüft und zeichnerisch in Lageplanausschnitten dargestellt. Basierend auf den Abschätzungen der Betriebs- und Investitionskosten wurden die Jahreskosten ermittelt. Die Bewertung der einzelnen Varianten erfolgte anhand einer Entscheidungsmatrix, in der neben den Jahreskosten noch weitere Kriterien berücksichtigt wurden. Maximal konnte eine Punktzahl von 5 Punkten erreicht werden.

Die höchste Punktzahl erreicht Variante 2 (GAK-Filtration) mit 4,30 Punkten. Die Variante 1 (Ozonung) kommt auf den zweiten Platz mit 4,10 Punkten. Die Variante 3 (PAK-Dosierung mit Rücklaufkohle) liegt mit 3,95 Punkten auf dem dritten Platz.

Die GAK-Filtration (Variante 2) lag in der Bewertungsmatrix auf dem ersten Platz. Für dieses Verfahren sprechen die hohe Betriebssicherheit und der vergleichsweise niedrige Betriebsaufwand. Die relativ geringe prognostizierte Standzeit der Aktivkohle im Filter führt zu hohen Verbrauchskosten. Die GAK-Filtration ist gegenüber Kostensteigerungen bei den Verbrauchsmaterialien am anfälligsten. Der Energiebedarf liegt auf einem niedrigen Niveau. Bei Variante 2 ist grundsätzlich neben dem beschriebenen Einsatz von Frischkohlen bzw. reaktivierten Kohlen auch der Einsatz von vorbeladenen Kohlen aus der Trinkwasseraufbereitung möglich. Das Konzentrationsniveau der Spurenstoffe ist in der Trinkwasseraufbereitung i. d. R. niedriger als im Abwasserbereich, sodass diese Kohlen in der vierten Reinigungsstufe weiterbeladen werden könnten. Die Eignung sollte vor dem Einsatz in jedem Fall durch Versuche bzw. eine Pilotierung untersucht werden. In Abhängigkeit von den erreichbaren Standzeiten dieser Kohlen ist dann die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes zu bewerten. Die Bemessungsgrundlage von 8.000 Bettvolumina beinhaltet ein Optimierungspotential.

Die Ozonung mit nachgeschaltetem Sandfilter (Variante 1) lag in der Bewertungsmatrix auf dem zweiten Platz. Die Betriebs- und Jahreskosten sind stark von der angewandten Ozondosis abhängig. In der Berechnung wurde derzeit von einer vergleichsweise hohen Dosis (7 mg/l) ausgegangen. Sollte sich diese Annahme bestätigen oder noch geringere Dosen möglich sein, so könnte dieses Verfahren wirtschaftlich interessanter werden. Der Einsatz von Ozon bedingt einen hohen Energie-

bedarf auf der Kläranlage für die Erzeugung des Ozons. Damit reagieren die Ozonvarianten generell sensitiver auf Kostensteigerungen beim Strombezug.

Variante 3 (PAK mit Rücklaufkohle) lag in der Bewertungsmatrix auf dem letzten Platz. Neben der Pulveraktivkohle wird in diesem Verfahren noch Flockungs- und Flockungshilfsmittel dosiert. Auf der einen Seite führt dies zu einem erhöhten Betriebsaufwand, auf der anderen Seite kann damit auch direkt auf eine Veränderung der Rohwasserbeschaffenheit bzw. der Ablaufziele reagiert werden. Die Erfahrungen aus Baden-Württemberg zeigen, dass ein sehr sicherer Betrieb möglich ist.

Durch die Rückführung der Aktivkohle ist eine gute Nutzung der Adsorptionskapazität der Kohle gegeben. Das Verfahren reagiert damit auf Preisschwankungen bei der Aktivkohle weniger sensitiv. Das Verfahren führt neben der Spurenstoffelimination noch zu einer Reduzierung bei den Parametern CSB und P_{ges} . Gegenüber den anderen Verfahren ist der Einfluss hier höher zu bewerten. Bei der PAK-Dosierung ist der zusätzliche Schlammfall im Vergleich zu den anderen Verfahren erhöht. Der Schlamm enthält neben der Kohle noch Fällprodukte und Organik. Der Energiebedarf liegt im Vergleich zur Ozonierung auf einem niedrigen Niveau.

Die TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH empfiehlt Variante 2 (GAK-Filtration) für weitere Untersuchungen auf der Kläranlage Nordwalde zu berücksichtigen.

7 Einschätzung des Handlungsbedarfes

Hinsichtlich der Spurenstoffgehalte in den Abwasserproben liegt die Kläranlage Nordwalde im Vergleich mit anderen Kläranlagen im Mittelfeld. Die Studie zeigt, dass bei kleineren Kläranlagen die spezifischen Behandlungskosten in der Regel höher liegen als bei größeren Anlagen. In Nordwalde betragen die Behandlungskosten im Durchschnitt 0,52 EUR brutto/m³, bezogen auf die gebührenrelevante Jahresabwassermenge und ohne Berücksichtigung von Fördergeldern.

Ein dringender Handlungsbedarf zur kurzfristigen Realisierung einer Anlage zur Mikroschadstoffelimination in Nordwalde ist trotz des schwachen Vorfluters aus planerischer Sicht nicht gegeben. Der Fokus liegt derzeit eindeutig auf Kläranlagen der Größenklasse 5 mit einer Ausbaugröße von mehr als 100.000 E sowie Kläranlagen im Einzugsgebiet von Trinkwassergewinnungsanlagen.